DR. F. K. TERLIKOWSKI
PROFESOR UNIWERSYTETU POZNAŃSKIEGO

O WAPNOWANIU GLEB

Z 12 RYSUNKAMI i 1 TABLICĄ

POZNAŃ
WYDAWNICTWO ROCZNIKÓW NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI GEBETHNERA I WOLFFA
1926

O WAPNOWANIU GLEB

DR. F. K. TERLIKOWSKI
PROFESOR UNIWERSYTETU POZNAŃSKIEGO

O WAPNOWANIU GLEB

Z 12 RYSUNKAMI i 1 TABLICĄ

POZNAŃ
WYDAWNICTWO ROCZNIKÓW NAUK ROLNICZYCH I LEŚNYCH
SKŁAD GŁÓWNY W KSIĘGARNI GEBETHNERA I WOLFFA
1926

Odbito w Drukarni Uniwersytetu Poznańskiego pod zarządem Józefa Winiewicza.

Każda gleba jest złożoną mieszaniną połączeń znacznej ilości znanych pierwiastków, dostających się do niej ze zwietrzeliny skalnej, będącej podłożem danej gleby, oraz dostających się do niej z atmosfery nadglebowej.

Połączenia wapnia w glebie a czynniki klimatyczne

Mieszanina ta tworząca masę glebową bardzo zmienną w swym składzie, (przyczem ilościowo często przeważają połączenia krzemu, glinu i żelaza), nabiera mimo to decydujących cech w zależności od zawartości i jakości w niej połączeń próchnicznych i wapiennych.

Istotnie te dwie grupy połączeń zdają się odgrywać w glebie rolę wyjątkową, mimo, że występują niekiedy w ilościach nieznacznych.

Można powiedzieć, że owo odrębne zachowanie się tych dwóch grup połączeń uwarunkowanem jest tem, że na tych połączeniach zaznaczają się dobitniej glebotwórcze procesy klimatyczne, a więc stosunki krążenia wilgoci oraz oddziaływanie temperatury, niż to ma miejsce z innymi składnikami glebowemi.

Jeśli chodzi o połączenia wapienne gleb, to rozpatrując je pod względem ilości, jakości, oraz sposobu zalegania w glebach, łatwo możemy skonstatować, że są one wiernem odbiciem stosunków klimatycznych, kształtujących daną glebę. Rozmieszczenie w glebach poszczególnych połączeń wapiennych związane jest ściśle z klimatem normującym krążenie roztworów glebowych.

I tak widzimy, że gleby klimatu suchego zawierają zwykle nagromadzenia węglanu wapnia w warstwach powierzchniowych. Przy pewnych warunkach suchości klimatu, mogą formować się nieco niżej, pod temi poziomami węglanowemi, poziomy bogate w siarkan wapnia. Im klimat staje się więcej wilgotnym, tem w wierzchnich warstwach ilość węglanów wapnia maleje, a poziomy węglanowe obniżają się w profilu glebowym. W klimacie wilgotnym, bielicującym, stwierdzamy nawet dość głębokie poziomy odwapnienia gleb. Widoczną więc jest bezsprzeczna ścisła zależność warunków klimatycznych z formami występowania połączeń wapiennych. Jaka jest przyczyna tego zjawiska i czemu występuje ono tak dobitnie właśnie na wapiennych połączeniach a nie na innych?

Przyczyny szczególnego znaczenia związków wapnia w glebie

Chodzi tutaj o kilka cech połączeń wapiennych. Przedewszystkiem jest charakterystycznem dla nich, że bez względu na chemiczne wiązanie w jakiem występują ulegają znacznie łatwiej procesom wietrzenia niż np. występujące w tych samych wiązaniach połączenia potasowe. Powoduje to, że wietrzeniowe procesy, które są procesami klimatycznemi, przedewszystkiem na wapienne połączenia oddziaływują i że obecność oraz charakter fizyko-chemiczny tych połączeń wskutek tego nabiera dużego znaczenia dla formowania się gleby.

W dalszym ciągu niezmiernie ważną rolę odgrywa u połączeń wapiennych wielka zdolność przechodzenia ich w połączenia łatwo rozpuszczalne, głównie dwuwęglany.

Warunkuje to, że krążenie w glebie wilgoci, która z łatwością rozpuszcza połączenia wapienne, jest jednocześnie krążeniem w glebie połączeń wapiennych.

Wszelkie zmiany wpływające na ruch wilgoci, jej zwiększanie się, lub zanikanie, jako bezpośredni efekt ma odpowiednie zmiany w połączeniach wapiennych.

Tak więc drogi krążenia, spływania wilgoci są jednocześnie drogami wymytemi z połączeń wapiennych. Podsiąkanie soków glebowych ku powierzchni i parowanie ich tam ma za skutek podnoszenie się rozpuszczalnych soli wapiennych i wydzielanie się ich na powierzchni, względnie wzdłuż dróg, któremi podsiąkają. W ten sposób obraz morfologiczny przekroju glebowego, jaki powodują rozmieszczone w nim połączenia wapienne, jest jednocześnie obrazem krążenia w danej glebie roztworów glebowych. Tak jest w każdym wypadku, stąd doniosłe znaczenie badania rozmieszczenia połączeń wapiennych przy odtwarzaniu przebiegu danych procesów glebotwórczych.

I jeszcze jest ważny powód specjalnego znaczenia połączeń wapiennych w glebie. Oto wydaje się, że żaden z innych składników glebowych nie wywiera tak różnorodnych i tak intensywnych przemian w procesach chemicznych glebowych, w ustroju fizycznym gleby oraz w przebiegu w niej zjawisk życiowych.

Stąd doniosłość istotna kwestji wapna w glebie dla rozwoju roślinności.

Stąd konieczność i ważność dla praktyki rolniczej, badania w jakim stanie znajdują się obecnie poszczególne gleby, co do zawartości i jakości w nich połączeń wapiennych.

A jeśli chodzi o gleby klimatu wilgotnego, to zagadnienie poruszone nabiera tem żywszego znaczenia, że w klimacie takim, jakim jest właśnie klimat naszych ziem, brak wapnia przejawiać się może niekorzystnie w wieloraki sposób tak dla rozwoju produkcji roślinnej, jak i związanej z nią bezpośrednio sprawy odżywiania się organizmów zwierzęcych.

Połączenia wapnia w glebie i ich znaczenie

Nasuwa się obecnie pytanie, które z licznych połączeń wapnia w glebie ogrywają najważniejszą rolę w kształtowaniu produktywności gleby.

1*

Wapń w glebie występuje w następujących połączeniach: glinokrzemianach, krzemianach, węglanach, dwuwęglanach, siarkanach, fosforanach, azotanach oraz w połączeniach organicznych, czyli próchnicznych.

Prócz tego, w wyjątkowych wypadkach niektórych gleb słonych, występuje wapń w formie chlorku wapnia.

Rozpatrzmy pokrótce znaczenie tych poszczególnych połączeń dla procesów zachodzących w glebie.

Krzemiany i glinokrzemiany wapnia, jakkolwiek rozpowszechnione pokaźnie w postaci niezwietrzałych lub częściowo zwietrzałych resztek skał glebotwórczych, odznaczają się stosunkowo niewielką rozpuszczalnością i dlatego aktywność ich nie może mieć większego znaczenia ani dla procesów różnicowania i kształtowania masy glebowej, ani dla procesów biologicznych, po zatem, że one są często głównym materjałem rozkładu i przemian, z którego formują się inne połączenia wapienne w glebach. Prócz tego niektórym połączeniom krzemianowo-wapiennym właściwe są niezbadane bliżej procesy wymiany i chłonienia z roztworów glebowych zawartych w nich katjonów.

Najwięcej rozpuszczalnemi połączeniami z wymienionych soli wapiennych po za chlorkami, które pomijamy z racji ich sporadycznego tylko występowania, są azotany. Sole te wszakże z powodu znikomych ilości, w jakich występować mogą w glebie nie odgrywają ważniejszej roli dla przebiegających w niej procesów fizyko-chemicznych; drobne ilości tych powstających soli są albo pobrane przez rośliny, albo wypłókiwane z gleby i odprowadzane z wodami gruntowemi.

Znacznie mniej rozpuszczalnemi połączeniami są siarkany wapnia, formujące się w glebie jako produkty przemiany związków siarki, w dużej bardzo mierze siarki związków organicznych.

W klimacie suchym, jak już wspomniano, mogą formować się, zwykle poniżej poziomów węglanowych — poziomy gipsowe. W takich warunkach rola tych połączeń jest dość znaczną.

W naszych warunkach klimatycznych siarkany wapnia, o ile nie są pochodzenia skalnego (rędziny gipsowe) to występują tylko w glebach łąkowych i bagiennych jako produkt napłókania z miejsc wyżej leżących, oraz jako produkt rozkładu białka, prawie zawsze zawierającego siarkę. Z racji ograniczonego rozpowszechnienia nie odgrywają przeto te połączenia ogólniejszej roli.

Podobnie przedstawia się rzecz z fosforanami wapnia, które normalnie istnieją w glebach w bardzo nieznacznych ilościach, za wyjątkiem niektórych gleb torfowych i próchnicznych, w których formować się będą fosforany z rozkładu materji organicznej.

Fosforany występować mogą w postaci soli trójwapiennych $Ca_3(PO_4)_2$, jak n. p. w apatycie, fosforytach i kościach. Są to najmniej ruchliwe, bo najmniej rozpuszczalne z połączeń wapienno-fosforowych. Łatwiej rozpuszczalnemi są fosforany wapnia, dwu i jednozasadowe $CaHPO_4$ i $Ca(H_2PO_4)_2$. Te ostatnie znajdować się mogą w glebie jako produkty przejściowe przemian materjałów zawierających fosfor, albo jako dodawane środki nawozowe, jak n. p. tomasyna, superfosfat.

Połączenia próchniczno-wapienne

Znacznie większe znaczenie od wymienionych połączeń wapiennych posiadają połączenia próchniczno-wapienne. Nie są one wprawdzie bardzo rozpowszechnione, zwłaszcza w glebach typu bielic, lecz znaczenie ich polega na odmiennem zachowywaniu się tych połączeń w glebach różnego typu. Wywołanem jest to zasadniczo różną budową części próchnicznej tych połączeń u gleb genetycznie różnorodnych. Ponieważ budowa chemiczna związków próchnicznych nie jest dostatecznie poznaną, i do chwili obecnej znamy tylko

niektóre cechy pozwalające na rozróżnienie próchnic gleb różnego typu, przeto nie znamy dostatecznie połączeń próchniczno-wapiennych różnych gleb. Przypuszczać można, że próchniczno-wapienne połączenie gleb klimatu stepowego, czarnoziemów, bogatsze są w wapń niż odnośne połączenia gleb bielicowych.

U gleb czarnoziemnych znajdowano n. p. powyżej 2% tlenku wapnia w połączeniach humusowych, a dla odpowiednich związków gleb bielicowych znajdowano liczby znacznie niższe.

Poza tą różnicą w zawartości wapnia połączeń próchnicznych gleb różnego typu, zachodzą także bardzo ważne różnice w zachowaniu się i własnościach tych różnych połączeń próchniczno-wapiennych. Tak więc zachodzą istotne ważne różnice w rozpuszczalności tych połączeń w glebach różnego typu, a co za tem idzie czynność tej formy wapnia jest w nich odpowiednio różna.

Znaleziono *CaO* %.

Gleba z	Ogółem	Rozpuszczaln. w H_2SO_4	Rozpuszczaln. w 10% *HCl*	Rozpuszczaln. w 1% *HCl*
Czarnoziemy:				
Kluczyszy . .	1,79	1,73	1,68	1,60
Masłowka . .	1,39	1,27	1,22	1,07
Krasnoje . . .	0,92	0,90	0,90	0,84
Bielice gliniaste:				
Simbilej . . .	0,94	0,87	0,84	0,24
Wilejka . . .	0,56	0,55	0,51	0,37
Bielice piaszczyste:				
Rabotki . . .	0,48	0,35	0,34	0,18
Lipowka . . .	0,37	0,31	0,31	0,19

Podczas kiedy w czarnoziemach stepowych połączenia próchniczno-wapienne są łatwo rozpuszczalne zarówno w kwasach, jak i pod wpływem soli obojęt-

nych, to u utworów typu bielic rozpuszczalność i wynikająca z niej czynność wapnia próchnicznego jest znacznie mniejszą. Wskazują na to dane zestawione przez Glinkę, przytoczone na stronie poprzedniej.

Jest widocznem, że z czarnoziemów 1% kwas solny rozpuszcza 80—90% całkowitej ilości *CaO*. W glebach bielicowatych, które są uboższe w połączenia wapienne, rozpuszczalność *CaO* w 1% *HCl* wynosi dla odmian gliniastych ca 60%, a dla odmian piaszczystych ca 35%. Może to być powodowanem tem, że w glebach bielicowych więcej jest niż w czarnoziemach, połączeń wapiennych takich jak krzemiany i glinokrzemiany, ale polegać także może na różnej rozpuszczalności połączeń próchniczno-wapiennych.

Jakkolwiek odmienne zachowanie się różnych połączeń próchniczno-wapiennych odgrywać może ważną rolę w procesach przebiegających w odnośnych glebach, to wszakże główne znaczenie związków wapiennych gleby nie jest związane z tą grupą połączeń.

Wielorakie i nader doniosłe oddziaływanie na wszystkie procesy glebowe połączeń wapiennych przypisać trzeba węglanom i dwuwęglanom wapnia. Połączenia te, dzięki niekiedy ilościowej przewadze nad innemi związkami wapnia, oraz dzięki ruchliwości dwuwęglanu, mogą powodować rozliczne doniosłe oddziaływania. Węglan i dwuwęglan wapnia

Istotnie też te właśnie połączenia w warunkach naturalnego zalegania gleb, stale wytwarzające się i przechodzące wzajemnie z jednej formy w drugą, w zależności od warunków decydującej równowagi w danym momencie, są najważniejszemi i najwięcej aktywnemi formami wapnia w glebie. Czynność ich zależną jest od własności samego katjonu łatwo przechodzącego w formę węglanu, a więc połączenia działającego także dzięki zasadowemu odczynowi, jaki po-

siada. I jeśli mówi się o braku lub niedostatku wapnia w glebie, to zwykle rozumie się, że potrzeba jest właśnie połączeń węglanowych, które zresztą są formą, w którą prawie wszystkie inne połączenia wapienne glebowe ostatecznie przechodzą.

Węglan wapnia, $CaCO_3$, jest połączeniem trudno rozpuszczalnem w czystej wodzie. Natomiast w wodzie zawierającej bezwodnik kwasu węglowego przechodzi łatwo w formę rozpuszczalną, w dwuwęglan wapnia, $Ca(HCO_3)_2$. Procesy wymywania wapnia z gleby w przeważnej mierze sprowadzają się do ługowania tego właśnie połączenia, które zresztą jest trwałem tylko w pewnych określonych warunkach ciśnienia bezwodnika kwasu węglowego i przy zmniejszeniu tego ciśnienia przechodzi z powrotem w nierozpuszczalną formę, w $CaCO_3$.

Zakwaszenie gleb jako rezultat wymywania zasad

Jedną z najważniejszych przyczyn zakwaszania gleb jest usuwanie z nich zasad przez zachodzące w glebach procesy ługowania. Jedną z najłatwiej wymywanych w ten sposób zasad jest wapń. Ponieważ jednocześnie wapń w skałach i zwietrzelinach jest zasadą panującą ilościowo nad innemi zasadami, przeto wymywanie wapnia ma za skutek zubożenie gleb w najważniejsze zasady. Jako wynik wymycia składników zasadowych zapanować musi w glebie przewaga komponentów kwaśnych, czyli wytworzy się odczyn kwaśny.

Proces wymywania zasad możemy uzmysłowić sobie w następujący sposób: istniejące w glebie nierozpuszczalne glinokrzemiany np. wapnia lub potasu pod stałem działaniem wody ulegają bardzo powolnemu wprawdzie, ale stale działającemu procesowi rozkładu np. według wzoru:

$$\begin{matrix}K\\Ca\end{matrix}\rangle \text{glinokrzemian} + HOH = \begin{matrix}K\\Ca\end{matrix}\rangle OH + \text{kwas glinokrzem,}$$

przyczem powstaje trudno rozpuszczalny kwas glinokrze-

mowy i łatwo rozpuszczalne zasady, które w połączeniu z kwasem węglowym, jako jego sole łatwo ulegają wymywaniu. W ten sposób w glebie postępuje stałe gromadzenie się składników niezasadowych. Zwietrzelina stale zubaża się w zasady, czyli ulega zakwaszeniu. Wapń ulega znacznie energiczniejszym procesom ługowania niż inne zasady. Stoi to w związku z łatwą rozpuszczalnością wielu połączeń wapiennych. W ten sposób np. znaleziono, że gleby formujące się ze skał wapiennych o zawartości 30% wapnia i 0,27% potasu dały gleby zawierające na powierzchni 0,7% wapnia i 1,8% potasu.

Wynika z tego jasno, że wapń ulegać musiał znacznie energiczniejszemu ługowaniu niż potas — co w rezultacie doprowadziło do tego, że gleba utraciła prawie zupełnie wapń, a wzbogaciła się procentowo w trudniej wymywaną zasadę, jaką w danym razie był potas.

Wymywanie wapnia znacznie energiczniejsze niż innej zasady powodowanem jest także przez fakt, że wapń jako taki prawie że wcale nie daje trudno rozpuszczalnych połączeń adsorbcyjnych ze składowemi częściami gleby; gdyby połączenia takie powstawały w glebie, to przeciwdziałałoby to procesom wymywania.

Inne natomiast zasady np. potas, sód — mają właściwości tworzenia nierozpuszczalnych połączeń adsorbcyjnych, co chroni je w dużej mierze przed procesami ługowania.

Odwapnienie gleb powstających ze skał lodowcowych

Jeśli chodzi w szczególności o procesy te zachodzące w glebach ziem Polski, to podkreślić należy ważną okoliczność, zachodzącą na przeważnej ilości powierzchni naszych ziem, i w sposób nader wybitny ułatwiającą procesy zubożenia gleb naszych w zasady, a zwłaszcza w wapń.

Okoliczność ta stoi w związku z charakterem skał macierzystych, na których rozwijają się nasze gleby.

Pod tym względem skały te charakteryzują się dwiema właściwościami, będącemi wynikiem sposobu ich powstania.

Jak wiadomo, przeważna część obszarów ziem naszych zajęta jest przez utwory lodowcowe i polodowcowe, a więc skały o fizycznej budowie bardzo rozdrobnionej. Są to zawsze miękkie, mniej lub więcej spoiste utwory. Już sam ten fakt w sposób decydujący ułatwia zubożenie ich w zasady przez procesy ługowania, które w utworach miękkich zachodzić mogą łatwo do znacznej niekiedy głębokości.

Jest bowiem oczywistem, że krążenie wód, będących przyczyną wymywania zasad, energiczniej i do głębszej miąższości może zachodzić na utworach luźnych, lub mało spoistych, niż na skałach twardych, trudno przenikliwych dla krążącej wody.

W rezultacie tego wiele z naszych utworów glebowych odwapnionych jest bardzo głęboko.

Pozatem podnieść należy i tę okoliczność, że już jako utwory skalne, zanim zaczęły na nie działać procesy glebotwórcze, wiele bardzo z naszych skał macierzystych lodowcowych odznaczały się nizką zawartością wapnia. Dotyczy to specjalnie tych utworów skalnych lodowcowych, które formowały się także i przy udziale wód rozmywających je i wynoszących z nich zarówno składniki najlżejsze nierozpuszczalne, jak i produkty rozpuszczalne — przedewszystkiem wapń. Z zajmujących większe powierzchnie utworów lodowcowych bogatych z wapń, wymienić należy utwory lössowe, oraz nasze margle i gliny zwałowe. W jednych i drugich zawartość węglanu wapnia dochodzi do kilku, niekiedy kilkunastu procentów. Inne ważniejsze pod względem terytorjalnego rozprzestrzenienia, skalne utwory lodowcowe zawierają znacznie mniejsze ilości wapnia.

Momenty te, a więc z natury niewysoka zawartość zasad w skałach lodowcowych, łatwość krążenia w nich wody do znacznej głębokości, a wreszcie znaczny niekiedy stan rozdrobnienia tych utworów powodować muszą, że mogą być one znacznie energiczniej ługowane z zasad niż inne utwory skalne.

Zależność ługowania gleb od czynników klimatycznych

Charakter i natężenie procesów ługowania utworów glebowych zależne są w dalszym ciągu od czynników klimatycznych, panujących w danej miejscowości. A więc od ilości wód opadowych oraz rozmieszczenia tych opadów na poszczególne miesiące roku, a dalej od temperatury i wszystkich tych czynników, które normują parowanie.

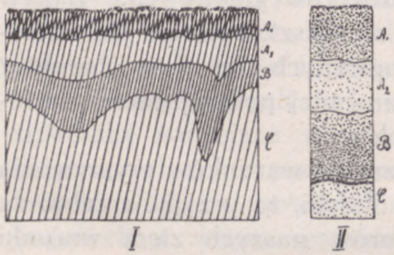
Pozatem podnieść należy doniosłej wagi fakt, że wymywanie zasad z utworów glebowych nie zachodzi tylko jako proces rozpuszczania w wodzie. Energicznemi odczynnikami podnoszącemi rozpuszczające działanie wody są różne, niekiedy kwaśnego charakteru połączenia organiczne. W zależności od przebiegu czynników klimatycznych następuje rozkład materji organicznej gleby z formowaniem się określonych połączeń próchnicznych, które brać mogą nader wybitny udział w procesie pozbawienia zasad utworów glebowych. Wpływ klimatu sięga tu zarówno na ukształtowanie się określonych zespołów mikrobiologicznych, jak i na charakter rozpadu substancji uorganizowanej pod wpływem życiowej działalności tych zespołów.

Co się tyczy klimatycznych warunków wymywania zachodzącego na ziemiach Polski, to przyjąć trzeba, że na przeważnej ilości utworów naszych ziem warunki klimatyczne są tego rodzaju, że występuje wyraźna przewaga wód opadowych nad procesami parowania i, że już przez ten sam fakt gleby nasze podlegać muszą stałym procesom pozbawiania ich zasadowych składników.

A jeśli uwzględnić charakter procesów mikrobiologicznych kształtujących na ziemiach naszych ich połączenia próchniczne, to stwierdzić trzeba, że w wielu wypadkach połączenia te mają charakter kwaśny, energicznie wzmacniający natężenie procesów ługowania. Całokształt procesów ługowania utworów glebowych panujący na przeważnej ilości naszych obszarów, oddziaływując w ciągu niezmierzonych okresów glebotwórczych, nadał swoiste decydujące piętno tym utworom.

Gleby typu bielic

Zwykliśmy obejmować nazwą gleb bielicowatych, lub bielic, te utwory glebowe, które formują się w naszym klimacie, na skutek skojarzonego oddziaływania wód opadowych oraz mniej, lub więcej rozpuszczonych w nich połączeń, będących produktem procesów biologicznych na zwietrzeliny skalne, gromadzące się na różnorodnych niekiedy skałach. Z powyższego przedstawienia wynika, że cechą konieczną każdej gleby bielicowatej, lub bielicowej jest mniej lub więcej zaznaczony w nich stopień wymycia z zasad, a przedewszystkiem stopień odwapnienia. Istotnie, wszelkie gleby tych typów, formujących się na naszych miękkich skałach lodowcowych i polodowcowych, charakteryzują się swoistemi cechami morfologicznemi, wynikającemi jako skutek dominowania procesów wymycia zasad z tych utworów.



Rysunek 1—2.

Obok przytaczamy obraz szematyczny profilu naszych gleb bielicowatych odmiany gliniastej i piaszczystej.

Zaznaczone na tych profilach poziomy A_1 oznaczają próchniczne warstwy gleby. Tworząca się w poziomach

A_1 próchnica, w danych warunkach klimatycznych zawiera w sobie połączenia humusowe kwaśne.

Przesiąkająca w głąb profilu glebowego woda rozpuszcza w sobie te połączenia, jak również duże ilości kwasu węglowego, i wskutek tego nabiera własności energicznego rozpuszczalnika mineralnych związków glebowych, przedewszystkiem zawartych w nich zasad.

W ten sposób roztwór glebowy przechodząc w głąb profilu rozkłada oraz ługuje partje przez które przesiąka. Produkty rozkładu i wymycia zostają przemieszczone w profilu glebowym i wędrują w głąb jego, póki nie zajdą warunki powodujące wytrącenie i osadzenie ługowanych z górnych poziomów substancji.

W ten sposób zarysowują się w profilu glebowym poziomy zaznaczone na szematach literami A_1, A_2 i B. Poziomy A_1 i A_2 są to poziomy rozkładu, wymycia zasad nietylko łatwo rozpuszczalnych i łatwo przemieszczalnych, jak wapń, magnez, potas, sód, ale również także i połączeń stosunkowo trudniej ulegających przemieszczeniu jak związków żelaza, glinu etc.

Przemieszczające się substancje glebowe na pewnej głębokości profilu glebowego ulegają zatrzymaniu. Mniej ruchliwe połączenia żelaza, glinu, próchnicy etc. zatrzymują się bliżej powierzchni gleby, tworząc poziom napłókania, oznaczony literą B. Ponieważ jest to poziom nagromadzenia znaczniejszych ilości związków żelaza, przeto wyróżnia się on w profilu glebowym barwą rdzawą, lub brązową, właściwą związkom tego typu. Połączenia łatwiej rozpuszczalne, a więc w pierwszej linji wapienne, wędrują niżej niż poziom B, w którym z tej racji węglanu wapnia niema.

W zależności od ilości przeciekających wód, oraz w zależności od warunków budowy danej gleby, wypłókiwane z warstw górnych połączenia wapienne, albo dostają się do wód gruntowych, albo odkładają się

w pewnej głębokości profilu glebowego, często bardzo tuż pod poziomem B — w górnej części poziomu C — albo też zostają spłókiwane do miejsc niżej położonych, do gleb zalegających w miejscach niższych. W rezultacie poziom odwapnienia gleb bielicowatych obejmuje miąższość poziomów A_1, A_2 i B. Poziomy te zwłaszcza A_1 i A_2 na skutek braku w nich zasad wykazują przeto odczyn kwaśny. Literą C oznaczamy skałę macierzystą ze zróżnicowania której powstały powyższe poziomy A_1, A_2 i B. C jest więc nienaruszoną przez wymywanie skałą macierzystą i zawsze zawiera węglan wapnia, oraz posiada z tego powodu odczyn alkaliczny.

Widzimy więc, że na skutek procesów glebotwórczych pewna miąższość gleb naszych (A_1, A_2 i B), formujących się nawet ze skał zasobnych w wapno, ulega odwapnieniu i uzyskuje odczyn kwaśny. W dolnej części pod poziomem odwapnienia panuje odczyn alkaliczny. Głębokość odwapnienia, czyli miąższość poziomów kwaśnych, zależy przy wszystkich innych jednakowych warunkach od składu mechanicznego danego utworu.

Utwory gliniaste są zawsze płyciej odwapnione niż np. leżące obok, a więc w tych samych warunkach klimatycznych, utwory piaszczyste. Te ostatnie, dzięki łatwej przepuszczalności dla przesiąkających wód i roztworów wodnych, są zawsze znacznie głębiej odwapnione. Poziomy A_1, A_2 i B są wskutek tego w utworach piaszczystych znacznie więcej przestrzennie rozwinięte, co widać na powyżej załączonych szematach.

Różnorodność składu mechanicznego gliniastych utworów lodowcowych jest również przyczyną, dlaczego miąższość poszczególnych poziomów, oraz głębokość odwapnienia w takich utworach, ulega pewnym wahaniom, jak to jest zaznaczone na szemacie I, w którem miejscom głębiej odwapnionym odpowiadają własności fizykalne powodujące większą przepuszczalność, partjom

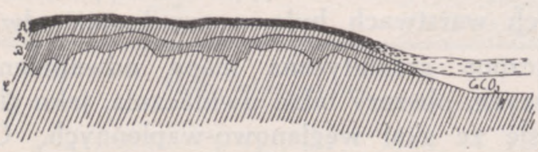
natomiast płycej odwapnionym — trudniej przepuszczalne, więcej drobnoziarniste partje utworu glebowego.

Widzimy więc, że utwory glebowe naszego klimatu z natury swej są do pewnej głębokości odwapnione, a więc zakwaszone. Ten proces odwapniania nie jest już ukończonym, a trwa dalej, zubożając rok rocznie gleby nasze w pokaźne ilości zasad, głównie wapna.

Wprawdzie w przyrodzie zachodzą procesy w pewnej mierze przeciwdziałające skutkom odwapnienia gleb, mianowicie procesy wietrzeniowe uruchamiają stale pewne ilości zasad z niezupełnie zwietrzałych jeszcze składników gleb. Proces ten jednakowoż nie powstrzymuje zubożania gleby w wapno, a chwilowo tylko łagodzi ujemne skutki odwapniania, lecz zawsze kosztem coraz silniejszego naruszania rezerw składników glebowych.

Trzeba mieć na uwadze, że naznaczone na szemacie I, obrazy profilów gleb bielicowych w przyrodzie wykształcają się w warunkach równomiernego wypłókiwania w głąb profilu glebowego, a więc w warunkach gleb zalegających przestrzenie mniejwięcej równe.

Jeśli rzeźba terenu jest silniej zaznaczoną to powyższe szematy ulegają poważnym zakłóceniom, prowadzącym zawsze, jak to widać z szematycznego profilu glebowego (rys. 3) do takich przesunięć połączeń wapiennych, które są bezpośredniem i wyłącznem odzwierciedleniem ruchów wody w utworze glebowym.



Rysunek 3.

W górnej, równej części danego przekroju rozwija się normalny profil glebowy, jak opisywano uprzednio. Zakwaszenie pozorne

Natomiast w partji zagłębionej, w pewnych warunkach wilgotności, poziomy A_2 i B mogą stać się niewidocznemi i tuż pod poziomem A_1 gromadzić się może napłókiwane ze zboczów stoku wapno, tworząc pokaźne niekiedy pokłady. Jest to tak zwane wapno łąkowe, dzięki któremu niejednokrotnie wilgotne łąki posiadają odczyn alkaliczny, nie tylko pod poziomem A_1, ale także i w samym tym poziomie. Warunki wzrostu dla roślin są na takich miejscach często nader niekorzystne. Są to miejsca o „kwasowości pozornej". Złe warunki dla rozwoju wegetacji spowodowane są tutaj stagnującą wodą, ubogą w tlen, pozbawioną powietrza. Brak przewiewności takich miejsc jest decydującą przyczyną ich złej produktywności. Polepszanie przez odwodnienie własności powietrznych podobnych miejsc powodować będzie, że staną się one wysoce produktywnemi, bo zwykle zasobne są w znaczne ilości składników odżywczych, napłókanych do tych miejsc w podobny sposób, jak to ma miejsce ze związkami wapnia.

Ogólny efekt procesów wymywania, zachodzących na obszarze ziem Polski jest taki, że znaczne bardzo przestrzenie są w mniejszym lub większym stopniu odwapnione.

Mapa odwapnienia

Gleby, formujące się ze skał wapiennych w warunkach wietrzenia właściwych dla naszych obszarów nie są jeszcze, po za małemi wyjątkami, o tyle rozmyte, by w górnych warstwach były w zupełności odwapnione.

Załączona szematyczna mapa odwapnienia gleb ziem naszych, obszary takie uwidacznia, jako gleby formujące się ze skał węglanowo-wapiennych. O ile te ostatnie nie są przykryte utworami lodowcowemi, odwapnienie jest nieznaczne, lub wogóle go niema. Utwory zaznaczone kreskowaniem są w rzeczywistości w wielu miejscach przykryte pokładami dyluwjalnemi, a więc

rzeczywista przestrzeń gleb nieodwapnionych jest mniejszą niż wypada z szematycznej powyższej mapki.



Mapa odwapnienia.

Do południowo-wschodnich terytorjów ograniczają się pozatem zasięgi innych gleb nieodwapnionych, rozwijających się na utworach lodowcowych — przeważnie na utworach lössowych. Jest tu mowa o czarnoziemach

stepowych, które są glebami klimatu suchego. Właściwości klimatu tego są takie, że procesom wypłókiwania wapna w głąb, w bardzo silnej mierze przeciwdziałają energiczne procesy podsiąkania, doprowadzające do warstw powierzchniowych rozpuszczalne sole wapnia.

Na wskutek tego gleby czarnoziemne Podola i Wołynia nie są glebami kwaśnemi, odwapnionemi.

Poza omówionemi dwiema kategorjami gleb naszych, przeważna ilość innych pozostałych gleb (niekreskowana powierzchnia), jest w stopniu mniej lub więcej znacznym zakwaszoną na skutek wymycia z nich wapnia.

Kwasy próchniczne

Wymycie z gleby wapnia tej najpospoliciej rozpowszechnionej zasady glebowej, wywołuje zjawienie się zakwaszenia danej gleby na skutek złożonych i dość różnorodnych procesów. Niemożność zobojętniania formujących się z rozkładu materji organicznej kwasów humusowych jest np. jedną z głównych przyczyn silnego zakwaszania gleb leśnych. Wogóle charakter klimatu, w którym rozwijają się bielice warunkuje, że biologiczne spalanie materji organicznych nie dochodzi do wytworzenia połączeń kompletnie utlenionych, takich jak bezwodnik węglowy, woda etc. — a zostaje doprowadzone do takiego stanu rozkładu substancji organicznych, przy którym powstają różnorodne kwaśne połączenia próchniczne. W razie dużej ilości substancji organicznej ulegającej rozkładowi — przy niekorzystnych warunkach dla rozwoju drobnoustrojów proces ten wywołujących, mogą powstawać znaczniejsze ilości kwasów próchnicznych. Wypadki takie zachodzą pospolicie przy rozkładzie ściółek leśnych i są jedną z przyczyn silnego zakwaszania gleb leśnych. Podobnież bogate w substancje roślinne torfowiska wysokie ulegając rozkładowi przy nadmiarze stagnującej, ubogiej w tlen, wody powodować muszą formowanie się produktów kwaśnych, będących wynikiem procesów redukcyjnych.

Przejściowo podobne procesy zachodzą również na rolach uprawnych przy nadmiernem zastosowaniu obornika lub innych materjałów organicznych, zwłaszcza przy zbyt głębokiem przyoraniu ich, utrudniającem dokładniejsze przewietrzenie i więcej kompletne spalenie.

Podobne wypadki zachodzą także, jeśli substancje mające ulegać rozkładowi ze względu na swoje własności fizyczne i chemiczne — ulegają trudno spaleniu biologicznemu. Z tej przyczyny obserwować można znaczne zakwaszenie się np. wrzosowisk, które nader trudno ulegają rozkładowi przy udziale drobnoustrojów.

We wszystkich tych wypadkach brak wapna uniemożliwia zobojętnienie powstających kwasów organicznych.

Kwasota wymienna

Jednakowoż skutki braku wapna powodować mogą często wystąpienie zakwaszenia także z powodu zjawienia się, silniejszych od próchnicznych, kwasów mineralnych. Powstawać one mogą przez zetknięcie się słabych kwasów próchnicznych z solami obojętnemi, które przy tem ulegają rozszczepieniu, tworząc z metalem sole kwasów próchnicznych, i uwalniając jednocześnie mocniejsze kwasy mineralne.

Sole obojętne wchodzą w wymienne reakcje z niektóremi składnikami gleby, zwłaszcza gliniastemi i mogą przez to także być źródłem powstawania wolnych kwasów mineralnych.

Kwasotę zjawiającą się na skutek ostatniej przyczyny oznaczamy przeto nazwą kwasoty wymiennej, przyczem zauważyć trzeba, że ten rodzaj kwasoty jest nader niekorzystnym dla rozwoju wegetacji w glebie.

Fizjologiczne zakwaszanie gleb

Brak wapnia powodować może w dalszym ciągu zakwaszenie się gleby, jako rezultat rozszczepiającego działania roślin na niektóre sole przez nie pobierane, a mianowicie na takie sole, z których roślina pobiera katjon. Solami takiemi są np. siarkan amonowy, siarkan

wapnia i chlorek potasu. Przez pozostawianie w glebie części anjonowej i bez możności zabojętnienia jej z racji braku wapna, następuje zakwaszenie gleby. Ponieważ ten rodzaj kwasoty zjawia się przy fizjologicznych procesach odżywiania się roślin, przeto oznaczamy go mianem zakwaszania fizjologicznego. Kwasota fizjologiczna odgrywa ważną rolę w rozwoju roślinności. W razie gleb kwaśnych może się efekt ujemny sumować i wtedy działanie tej kwasoty może przejawiać się bardzo niekorzystnie.

Gleby adsorbcyjnie nienasycone

Niektóre substancje organiczne i mineralne znajdujące się w glebie w stanie wysokiego rozdrobnienia posiadają zdolność chłonienia na swej powierzchni zasad. Zjawisko to odgrywa ważną rolę w fizycznych i chemicznych własnościach gleby, której efekt biologiczny, czynność i produktywność, związana jest ściśle z temi własnościami. Mianowicie wymienione substancje organiczne i mineralne w zetknięciu z roztworami soli chłoną zasadowe ich części na swej powierzchni i po osiągnięciu równowagi, kiedy dalsze chłonienie już nie następuje, przechodzą w stan nasycenia. Gleby znajdujące się w takim stanie nazywamy glebami adsorbcyjnie nasyconemi. Gleby takie w zetknięciu z roztworami soli obojętnych nie adsorbują z nich żadnych składników i na skutek tego roztwór glebowy pozostaje stale bez zmiany swego pierwotnego odczynu. Jeśli natomiast gleba jakaś znajduje się w stanie adsorbcyjnego nienasycenia, to znaczy, jeśli zawarte w niej organiczne i mineralne substancje w stanie silnej dyspersji nie są nasycone zasadami, to gleba taka w zetknięciu się z roztworami soli obojętnych rozkłada je. Adsorbując części metali, czyli części zasadowe, a pozostawiając w roztworze części anjonowe, powoduje przez to zmiany odczynu gleby w kierunku jej zakwaszania.

Gleby adsorbcyjnie nienasycone zakwaszają się w zetknięciu z solami, a więc n. p. z wieloma obo-

jętnemi nawet nawozami, jak solą potasową, gipsem, siarkanem amonu i innemi.

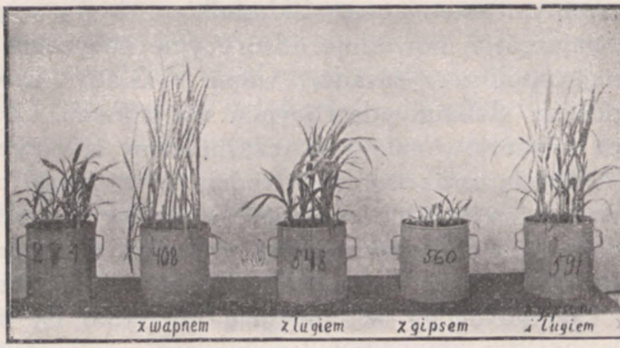
Wynika z tego, że gleby adsorbcyjnie nienasycone posiadają pewne ujemne cechy, bo mogą się zakwaszać — gleby adsorbcyjnie nasycone nie podlegają podobnym niekorzystnym przemianom. Składnikiem, który w przyrodzie najczęściej powoduje adsorbcyjne nasycenie gleb jest najpospolitsza zasada, wapń. Gleby zasobne w wapno są glebami adsorbcyjnie nasyconemi. Z gleb naszych terytorjów należą tu czarnoziemy stepowe Podola i Wołynia, oraz wapienne rędziny. Natomiast pozostała przeważna ilość gleb naszych, które, jak widzieliśmy uprzednio, są glebami wymytemi z wapnia do pokaźnej niekiedy głębokości, są to gleby adsorbcyjnie nienasycone. Ujemne cechy ich polegają nie tylko na braku w nich wapnia jako składnika, lecz również warunkowane są tem, że gleby te w zetknięciu z solami n. p. nawozowemi, pewną ilość tych soli sorbują na swej powierzchni i w ten sposób unieruchamiają je dla roślin, pozatem jako skutek częściowej adsorbcji występuje odczyn kwaśny, który może sam przez się być niekiedy szkodliwym dla rozwoju roślin.

Gipsowanie gleb adsorbcyjnie nienasyconych

Zwłaszcza na glebach o znacznym stanie adsorbcyjnego nienasycenia, a więc n. p. na glebach leśnych silnie odwapnionych, a jednocześnie zasobnych w substancje organiczne nienasycone, okoliczność potęgowania kwasoty przez adsorbcyjne nienasycenie występować może niekiedy gwałtownie. Załączone fotografje przedstawiają proso hodowane w wazonach na glebie leśnej adsorbcyjnie nienasyconej. Do wszystkich wazonów dodano jednakowe wystarczające ilości nawozów w takiej formie, by rośliny pobierały zarówno części zasadowe, jak i anjonowe.

Kwasowość gleby w ten sposób nawożonej wynosiła $PH = 5{,}8$.

Do poszczególnych wazonów, prócz nawozów, dodano po zatem $CaSO_4$, $CaCO_3$, $NaOH + CaSO_4$. Rozwój roślin na poszczególnych kombinacjach uwidoczniony jest na załączonem zdjęciu.



Rysunek 4.

Uderza w tem doświadczeniu bardzo silne uszkodzenie wzrostu roślin wywołane przez dodatek gipsu. Ujemne oddziaływanie dodanego gipsu w zupełności ustępuje po dodaniu do wazonu ługu sodowego. Wreszcie widzimy również dodatni wpływ na rozwój dodatku $CaCO_3$. Z doświadczenia tego jasno wynika, że w danej kwaśnej leśnej glebie (Sołacz pod Poznaniem) czynnikiem, który był w minimum, a więc czynnikiem hamującym wzrost, była nadmierna kwasota gleby. Dodatek zasady, czy to w formie $CaCO_3$, czy to w formie $NaOH$, od razu wywoływał silne wzmożenie wzrostu roślin, jak to widać na odnośnych wazonach. Dana gleba okazała się silnie adsorbcyjnie nienasyconą, co spowodowało, że w zetknięciu z gipsem odczyn stał się kwaśniejszym do $PH = 4{,}8$ na skutek zaadsorbowania z $CaSO_4$ jonów wapnia z pozostawieniem w roztworze jonów kwasu siarkowego. To zakwaszenie, przez glebę adsorbcyjnie

nienasyconą, spowodowało prawie zupełne zniszczenie prosa. Ubocznie z tego doświadczenia wypływa ważny wniosek, że na glebach adsorbcyjnie nienasyconych stosowanie gipsu zamiast wapna, co w praktyce rolnej niekiedy miewa miejsce, powodować może ujemne wyniki. Dodatek razem z gipsem ługu sodowego, który zobojętniał oswobodzony kwas, odrazu usuwało szkodliwe oddziaływanie adsorbcyjnego nienasycenia gleby, co zresztą najprościej osiąga się przez stosowanie wapna.

Ruchliwość połączeń humusowych u gleb nienasyconych

Gleby adsorbcyjnie nasycone, takie jak czarnoziemy można przeprowadzić w stan adsorbcyjnego nienasycenia, a to przez ługowanie ich wodą, która stopniowo rozpuści zaadsorbowane zasady i przeprowadzi próchniczne i mineralne połączenia w stan nienasycenia. Odwrotnie gleby adsorbcyjnie nienasycone, jak większość gleb typu bielic, torfowisk wyżynnych, można przeprowadzić w stan nasycenia. W praktyce jedynym racjonalnym środkiem prowadzącym do tego celu jest zastosowanie na takich glebach wapnowania.

W zależności czy dana gleba jest w stanie adsorbcyjnego nasycenia, czy nienasycenia, zmieniają się widocznie jej cechy fizykalne i chemiczne. Z góry przewidywać można, że nadmierne uwilgotnienie obszarów przez wody przepływające spowoduje przeprowadzenie danych gleb w stan nienasycenia. Podobne warunki występują na znacznych obszarach Polesia. Gleby nienasycone charakteryzują się stosunkowo łatwą rozpuszczalnością połączeń humusowych, tem większą, im stan nienasycenia jest znaczniejszy. Przekonać się o tem można łatwo umieszczając pewną ilość gleby adsorbcyjnie nasyconej np. czarnoziemu na sączek i przemywając ją wodą destylowaną. Pierwsze partje przesączu przechodzić będą jako zupełnie bezbarwne; zawsze znajdziemy w nich sole wapniowe odmywane z połączeń adsorbcyjnych. Po pewnym czasie przemywania, w miarę jak

coraz mniej soli wapniowych dostawać się będzie do przesączu, przybierać on będzie zabarwienie coraz ciemniejsze, przy zupełnem wypłókaniu wapnia otrzymamy przesącz ciemny. Przy użyciu następnem do przemywania zamiast wody destylowanej roztworu soli wapiennej, przesącz powoli stawać się będzie coraz jaśniejszym, a wreszcie bezbarwnym: użyty wapń doprowadzi ponownie do stanu adsorbcyjnego nasycenia.

Na Polesiu mamy do czynienia ze zjawiskami wymywania zasad, niekiedy tak dalece już posuniętemi, że połączenia próchniczne przechodzą w stan nienasycenia i jako takie ulegają wymywaniu z gleby w postaci roztworów właściwych, a także w postaci pseudo-roztworów. Na skutek tego w wielu rzekach poleskich płynie woda ciemna, o dużej zawartości związków humusowych oraz tych połączeń, których rozpuszczeniu sprzyjają ruchliwe związki próchniczne, a więc rozpuszczalna krzemionka i związki żelaza.

Powstawanie rudawców

Na skutek podobnego zjawiska uruchomienia połączeń próchnicznych przez przeciekające w głąb profilu wody, formują się niektóre odmiany gleb bielicowych z wydzieleniem orsztynów, czyli rudawców. Orsztyny są to skupienia połączeń żelazowych i próchnicznych z domieszkami innych ciał. Wody wymywające górne próchniczne poziomy gleb bielicowych, stopniowo mogą przeprowadzić je w stan takiego nienasycenia, że zaczną w nich ulegać wymyciu połączenia próchniczne. Te przenikają w dół przemieszczając związki żelaza. Przez zetknięcie się wędrujących w ten sposób ciał próchnicznych, i żelaza z węglanem wapnia, znajdującym się na pewnej głębokości profilu glebowego, zostają one unieruchomione i wytrącone. W miarę narastania przez dopływ nowych ilości naciekających z góry połączeń żelaza i próchnicznych, formują się w ten sposób różne odmiany orsztynów.

Podkreślić należy, że w rozwoju roślinności ujemny wpływ warstwy orsztynowej nie ogranicza się do mechanicznego utrudnienia rozwoju korzeni, lecz polega na niekorzystnem oddziaływaniu na roślinę tych procesów, których pośrednim przejawem jest wytworzenie warstwy orsztynowej (nadmierne uwilgotnienie, zakwaszenie, warunki złej przewiewności).

Wynika z tego, że aby przeciwdziałać zachodzeniu tych procesów, które odgrywają ujemny, niekiedy nader donośny, wpływ na roślinność, trzeba gleby utrzymywać w stanie adsorbcyjnego nasycenia ich, co się osiąga przez wapnowanie danych gleb.

Koagulacja związków próchnicznych w borowinach

Unieruchamianie połączeń próchnicznych przez wysycenie ich solami wapiennemi jest zapewne jedną z przyczyn gromadzenia się pokaźnych, bo sięgających 5—6% ilości próchnicy w borowinach wapiennych. Zapewne, że nie jest to przyczyna jedyna lub główna, bo zachodzić tu może i dominować zjawisko zmniejszenia rozkładalności substancji organicznych przez nadmiar wapnia, co prowadzi do rozkładu niekompletnego tych substancji, czyli do gromadzenia się cennych połączeń humusowych w rędzinach. Jednakowoż i fakt, że w glebach tych na skutek zasobności w nich wapna nie mogą zachodzić procesy wymywania związków humusowych, bo nie może zaistnieć stan adsorbcyjnego nienasycenia — jednakowoż i ten fakt odgrywa tutaj rolę i współdziała w procesie wzbogacania tych żyznych gleb w składniki próchniczne.

Ilości wymywanego z gleb wapnia

W naszym klimacie znaczne ilości połączeń wapiennych rok rocznie ulegają wymyciu z gleb. Polega to na omawianej już łatwej rozpuszczalności tych związków. Wody drenowe lub wody gruntowe są wskutek tego zasobne w wymyte z gleby połączenia wapienne, które stanowią zwykle powyżej 50% ogółu rozpuszczonych w tych wodach związków.

Dla orjentacji przytoczyć można dane co do ilości połączeń wapiennych wymywanych w różnych miejscowościach.

W miljonie kg wody znajduje się:

	części rozpusz. ogół.	w tem wapnia.
w Rothamstadt	255	111
„ Monachjum	198	101
Podole, stacja doświadczalna		
Płotjańska	800	306

Z liczb tych wynika, że gleby mogą tracić rocznie na ha, w zależności od ilości opadów oraz od zasobności danej gleby w związki wapnia, bardzo znaczne ich ilości, które ocenić można na 500—5000 kg. Po pewnym upływie czasu uzyskujemy przeto w klimacie naszym taki stan odwapnienia gleb, o którym była już poprzednio mowa.

Znaczenie wapnia dla struktury gleby

W związku z odwapnieniem gleb poczynają zachodzić w nich zmiany, prócz już omówionych, także w strukturze i fizykalnych własnościach gleby.

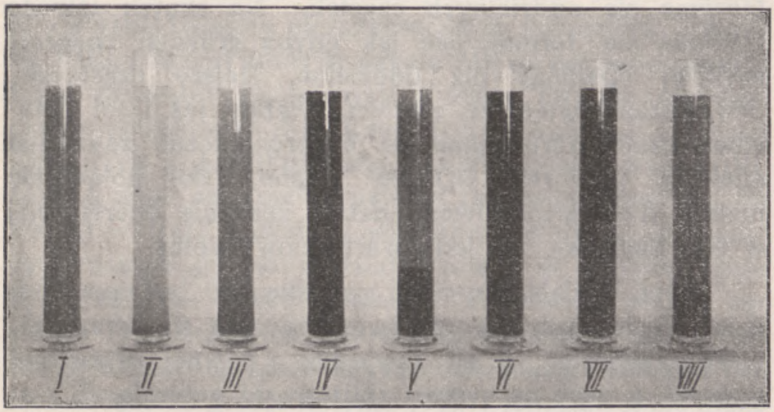
Co się tyczy samej struktury, to wiadomą jest rzeczą, iż obecność związków wapnia sprzyja wytwarzaniu się struktury gruzełkowatej — brak wapnia powoduje psucie się tej struktury i przechodzenie gleby w stan bezstrukturalny, z reguły bardzo niekorzystny dla rozwoju roślinności.

Wpływ wapnia na strukturę gleby zachodzi na skutek koagulującego działania soli wapiennych, zarówno na drobne zawiesiny mineralne, jak i próchniczne.

Przedstawiona obok fotografja przedstawia szybkość, opadania naturalnej zawiesiny bielicy gliniastej, rozproszonej w wodzie w jednakowym czasie i w jednakowych ilościach w sześciu pierwszych naczyniach.

Naczynie pierwsze zawiera samą zawiesinę glebową bez żadnych dodatków; do zawiesiny naczynia drugiego dodano nieco wapna; do zawiesiny naczynia III do-

dano chlorku potasowego; do zawiesiny naczynia IV dodano wyciągu próchnicznego uzyskanego z innych gleb; zawiesina naczynia V otrzymała nieco wyciągu próchnicznego i wapna, a wreszcie zawiesina naczynia VI otrzymała nieco soli potasowej i substancji próchnicznych.



Rysunek 5.
Opadanie zawiesiny glebowej w różnych warunkach.

Zawiesiny wszystkich naczyń po dodaniu do nich wymienionych połączeń silnie wykłócono i pozostawiono w spokoju. Po upływie około 20 min. wynik był taki jaki się przedstawia na fotografji.

Okazuje się, że wapno nader przyspieszało osiadanie się zawiesiny glebowej tak samej jak i z dodatkiem substancji próchnicznych. Sól potasowa wykazała znacznie słabsze działanie przyspieszające osiadanie się zawiesiny niż to wykazało wapno. W razie zawiesiny glebowej z dodatkiem wyciągu substancji próchnicznych sól potasowa nie posiada własności przyspieszania sedy-

mentacji. Jakie jest wytłómaczenie całego obserwowanego w tem doświadczeniu zjawiska?

Rozpatrzmy naprzód działanie wapna i soli potasowej na bezpróchniczną zawiesinę glebową. W takich systemach obydwa te związki działają koagulująco, powodując skupienie się drobnych, oddzielnie unoszących się cząstek zawiesin w agregaty większe, złożone z połączenia się oddzielnych cząstek. Na skutek takiego złożenia się, formują się jak gdyby gruzełki znacznie szybciej opadając niż oddzielne, lżejsze cząsteczki. Stwierdzamy więc, że zarówno wapno jak i sól potasowa działa zgruźlająco na bezpróchniczną zawiesinę gliniastą, przyczem wszakże wapno, jako połączenie metalu dwuwartościowego działa znacznie energiczniej w tym kierunku, niż jednowartościowy potas.

Jeżeli w dalszym ciągu rozpatrywać będziemy oddziaływanie tych dwóch związków nie na bezpróchniczną zawiesinę, a na zawiesinę o pewnej zawartości humusu, a więc na system zbliżony do naturalnych warunków glebowych, to jak wynika z przytoczonego doświadczenia, działanie wapnia i potasu na strukturę gleby, jako czynnika zgruźlającego jest różnem. Wapno energicznie wywołuje zgruźlenie, podczas kiedy potas w systemie zawiesin glebowych z próchnicą nie przejawia własności zgruźlających, czyli w praktyce rolnej nie będzie, w przeciwieństwie do wapna, poprawiał strukturalnych własności gleby.

Zjawisko dane polega na tem, że zawiesina gliniasta w obecności rozpuszczalnych połączeń humusowych chronioną jest przed wytrącaniem. Mówimy, że połączenia próchniczne są kolloidem ochronnym dla kolloidów gliniastych i, że elektrolity nie mogą w tych warunkach wytrącać tych ochronionych kolloidów, w danym razie zawiesiny gliniastej.

Jeśli wszakże, mimo istnienia ochronnego kolloidu próchnicznego, zawiesina gliniasta została skłaczkowaną przez wapno, a nie została skłaczkowaną przez potas, to polega to na specyficznem różnem oddziaływaniu samych próchnicznych związków względem wapna i potasu. Jak wynika z rezultatów otrzymanych w naczyniu VII i VIII, do których dodano tylko połączenia próchniczne bez dodatku zawiesiny gliniastej, wapno strąca te związki, tworząc nierozpuszczalne połączenia (naczynie VIII), podczas kiedy (naczynie VII) sól potasową niewytrąca zawiesiny humusowej, z którą formuje rozpuszczalne połączenia. Na skutek tego w systemie zawiesin glebowych z dodatkiem ciał próchnicznych i wapna (V), może i musi nastąpić zgruźlenie zawiesiny gliniastej, bo wapno wytrąci działający ochronnie kolloid próchniczny, czyli usunie go od oddziaływania i w dalszym ciągu może zgruźlać części gliniaste. Przeciwnie zaś, w systemie (VI) złożonym z zawiesiny glebowej i próchnicy, sól potasowa nie może usunąć ochronnego kolloidu humusowego, bo go nie wytrąca (VII) i temsamem nie może zadziałać na gliniastą zawiesinę.

W praktyce rolnej wywołanie i utrzymywanie struktury zgruźlonej możliwem jest przeto do osiągnięcia w glebach zawierających wapno, podczas kiedy nawozy potasowe, a także sodowe strukturę tę będą uszkadzały, przeprowadzając do roztworu połączenia próchniczne, działające następnie ochronnie przeciw zgruźleniu części gliniastych. To jest powodem psucia struktury, zaskorupiania roli, przez użycie nawozów potasowych, oraz poprawienie budowy przez użycie wapna, na glebach, które tego składnika nie posiadają w dostatecznej ilości. Widzimy więc i na tym przykładzie, jak doniosłe jest oddziaływanie wapna na własności glebowe. Wszak utrzymanie dobrej gruzełkowatej budowy zapewniającej najkorzystniejsze warunki przewiewności i wilgotności

gleby jest jednym z czynników, który dla rozwoju roślin przedstawia znaczenie dominujące. Wydaje się nawet, że czynnikiem, który najczęściej znajduje się w minimum w warunkach szerokiej praktyki rolnej, są właśnie niekorzystne własności wilgoci i powietrza w roli, czyli tak zwanego klimatu glebowego. Utrzymanie dobrych, hygjenicznych właściwości tego klimatu, możliwe tylko przy strukturze gruzełkowatej, jest nader trudnem bez wapna w glebie. Troskliwa uprawa mechaniczna może wprawdzie wywołać tutaj swój dobroczynny wpływ na strukturę roli, lecz w warunkach braku wapna ulegać ona będzie psuciu się i stałemu pogarszaniu, zwłaszcza przy stosowaniu nawozów zawierających sód i potas, a więc przy użyciu saletry chilijskiej i nawozów potasowych, których użycie jest z innych względów koniecznem. Racjonalne zastosowanie wapna jest w takich warunkach nieodzownem.

Wapno, a przepuszczalność gleby

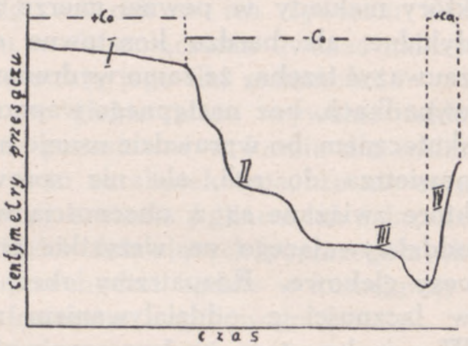
Z wytworzeniem struktury gruzełkowatej związane są ważne własności wodne gruntu. Rola w takim stanie jest przepuszczalną dla wody, a więc nadmiar wody, który może czynić glebę nieprzewiewną dla powietrza, odpływać może przez wytworzone pomiędzy większemi gruzełkami przestwory. Odwrotnie, pozbawienie roli wapna wywołując zanik zgruźlenia, znikanie gruzełków, a wytworzenie budowy rozdzielnoziarnistej o konsystencji w stanie wilgotnym mazistej spoistej, powoduje zmniejszenie przepuszczalności gleby, a niekiedy nawet uczynienie jej zgoła nieprzepuszczalną, co dla rozwoju wegetacji przejawić się musi jako czynnik hamujący wzrost.

O niekorzystnych zmianach przepuszczalności gleb, wywołanych przez brak w nich wapna, przekonać się możemy na podstawie następującego prostego doświadczenia. Umieśćmy pewną ilość gleby, zasobnej w wapno, przepuszczalnej, na odpowiednim lejku i nalawszy na tę glebę wody destylowanej, mierzmy ile cm^3 jej prze-

chodzi po upływie każdej godziny przez określoną warstwę glebową.

Rezultaty jednego z takich doświadczeń przedstawione są na załączonym wykresie.

Na początku doświadczenia gleba zasobna w wapno posiadała dużą przepuszczalność dla wody, której znaczne ilości przechodziły przez glebę. Jednocześnie jednakowoż stopniowo rozpuszczało się zawarte w glebie wapno (odcinek I).



Rysunek 6.
Wpływ wapna na przepuszczalność gleby.

Po upływie pewnego czasu, kiedy w glebie wapna było mało, przepuszczalność zaczęła gwałtownie się zmniejszać (odcinek II) na skutek zaniku budowy gruzełkowatej. W pewnym momencie gleba już tak dalece uległa wymyciu wapna, że przechodzące wody wcale go już nie wykazywały, był to jednocześnie stan najniższej przepuszczalności (odcinek III) tak nieznacznej, że prawie zbliżonej do stanu kompletnej nieprzepuszczalności. Jeśli w tym momencie dodano do wody znajdującej się na sączku nad glebą nieco wapna, to odrazu przepuszczalność raptownie wzrasta (odcinek IV) na skutek regeneracji w glebie stanu gruzełkowatego. Utwory glebowe z natury swej suche, jak czarnoziem stepowy, lub bardzo lekkie gleby piaszczyste, jeśli zachodzi konieczność ich wapnowania z innych względów, powinny być nader ostrożnie wapnowane, by przez

ten zabieg nie zaakcentować ich suchości na skutek zwiększenia i tak niekorzystnej już przepuszczalności.

Natomiast na ciężkich, mało przepuszczalnych utworach glebowych, wapnowanie jest potężnym czynnikiem zwiększającym ich przepuszczalność. Jest to zabieg, który niekiedy w pewnej mierze zastępować może radykalne, ale bardzo kosztowne drenowanie. Zresztą zauważyć trzeba, że samo wydrenowanie w wielu bardzo wypadkach, bez następnego wapnowania nie jest w pełni skutecznem, bo wprawdzie usunie nadmiar wody i wpuści powietrza do roli, ale nie sprowadzi tych skutków, które związane są z obecnością wapna, jako czynnika oddziaływującego na wszystkie prawie ważniejsze procesy glebowe. Rozpatrzmy obecnie te właśnie procesy w łączności z oddziaływaniem na nie wapnowania. W związku z tem, że drenowanie niekiedy nie wystarcza, można rozpatrzeć sprawę fosforu w glebie i wpływu na jego pobieranie związków wapnia. Kwestja ta zresztą odgrywa rolę ogólną i jest aktualną na wszelkich rolach żelazistych. Role drenowane są tylko jednym z wypadków ewentualnego występowania większych ilości żelaza w nich. Drenowane pola, a więc uprzednio nadmiernie wilgotne, często jako produkt napłókania z sąsiednich wyższych miejsc zawierając pokaźne ilości związków żelaza, tak że w niektórych wypadkach tworzą się gniazda minerałów fosforowo-żelazowych tak zwanych wiwjanitów. Zachodzi to zwłaszcza na rolach podtorfiałych lub torfowiskach, na których żelazo zostaje napłókiwane, a fosfor jest pochodzenia organicznego, produkt rozkładu masy roślinnej tych torfowisk.

Wpływ wapnowania na przyswajalność związków fosforowych

Otóż tworzenie się wymienionych minerałów wiwjanitów w postaci niebieskich proszkowatych skupień, jako połączenia fosforu i żelaza, które następnie trudno ulegają rozkładowi z racji swej nierozpuszczalności, wskazuje na tendencję wiązania się kwasu fosforowego

zawartego w glebie z jej związkami żelaza, względnie glinu. Przemiany te nie są wszakże korzystne z punktu widzenia przyswajalności i rozpuszczalności tych związków dla roślin. Fosfor w połączeniu z żelazem lub glinem zostaje zupełnie unieprzystępniony dla korzeni roślinnych i nie odgrywa roli w ich żywieniu się. Przejście więc fosforu w te połączenia uważać należy za unieruchomienie, za stratę jego dla roślinności.

Obecność wapna w glebie może wywołać takie zmiany, że fosfor może pozostawać w formie dla roślin więcej przyswajalnej, a to na skutek tego, że nie cały kwas fosforowy związany zostanie z glinem lub żelazem, ale w zależności od ilości działających poszczególnych związków, częściowo przechodzić będzie w formę przyswajalnego dla roślin fosforanu wapniowego.

Mechanizm tego procesu polega na jednoczesnem oddziaływaniu na siebie szeregu jonów, a mianowicie w roztworze zawierającym fosforan żelaza względnie glinu, ten ostatni ulega częściowej hydrolizie, której produktami będą wodorotlenek żelazowy i kwas fosforowy.

Kwas fosforowy ulega pewnej dysocjacji i powstają jony HPO_4'' i H_2PO_4', oraz jony wodoru. Hydroliza i dysocjacja produktów hydrolizy fosforanu żelazowego osiąga po pewnym czasie stan równowagi, który zakłócić musi wprowadzenie węglanu wapniowego. Ten ostatni związek rozpada się i przeprowadza do roztworu jony Ca'', OH', HCO'_3. Jony hydroksylowe łączą się z jonami wodorowemi powstającemi przy hydrolizie i dysocjacji fosforanu żelaza i na skutek tego następuje dalsza dysocjacja i dalsze przejście do roztworu kwasu fosforowego.

Jednocześnie na skutek oddziaływania na siebie jonów wapniowych i jonów fosforowych powstawać będą cząsteczki fosforanu trój i dwuwapniowego, związ-

ków usuwających się ze stanu rozpuszczalnego, co wywołuje zachwianie osiągniętej równowagi całego systemu i konieczność przejścia nowych ilości fosforanu żelaza względnie glinu do roztworu. W rezultacie węglan wapnia przeprowadza do roztworu pewne ilości kwasu fosforowego, fosforanów żelaza i glinu, oraz powoduje powstanie fosforanów wapniowych, znacznie łatwiej pobieranych przez rośliny niż fosforan glinu lub żelaza. W pewnej mierze wapno działa więc analogicznie jak to ma miejsce w procesach wytapiania rud żelaznych i tworzenia się żużli Thomasa ze stopu rudy żelaznej zawierającej fosfor pod wpływem dodanego wapna, które łączy się z fosforem, tworząc fosforan wapnia jako istotny składnik żużli. Ta strona oddziaływania wapna na przyswajalność fosforu znaną jest już dawno i w literaturze zdarzają się częste wzmianki o stosunku wapna i odczynu glebowego co do przyswajalności fosforu. Z nowszych danych przytoczyć można doświadczenia Mc. G e o r g ' a, który badając szereg gleb pod tym względem, znalazł, że niektóre z nich nie reagowały na nawożenie fosforem, czyli że zawierały fosfor przyswajalny w glebie, inne natomiast wykazywały bardzo silną reakcję. Dane co do tych gleb są na stronie obok.

Z danych tych wynika, że obniżenie zawartości w glebie wapnia w różnych jego formach, tak łatwo jak i trudniej rozpuszczalnych (węglany, siarkany, krzemiany) wpływało niekorzystnie na wykorzystanie zasobów fosforowych. Pewien nadmiar wapna powodował, że wytwarzało się w glebie mniej trudno rozpuszczalnych fosforanów glinu i żelaza, że wskutek tego fosfor był łatwiej przystępny. Zauważyć trzeba, że gleby o odczynie kwaśniejszym niż $PH = 6{,}3$ wykazywały nieprzyswajalność fosforanów na skutek związanego z takiem zakwaszeniem braku różnych form wapnia. Gleby natomiast o odczynie PH powyżej 6,3, a więc

Tablica I.

Odczyn PH	Całkowity CaO %	CaO rozpusz. w 4% HCl %	CaO rozpusz. w 2% HCl %	CaO rozpusz. w wodzie + CO_2 ‰
Gleby nie reagujące na nawożenie fosforem.				
7,5	1,14	0,58	0,55	938
6,6	1,29	0,79	0,27	503
6,3	1,11	0,40	0,34	429
6,3	1,43	0,87	0,74	448
7,7	2,01	1,26	0,88	895
8,1	6,90	6,18	4,21	2 010
8,2	2,66	1,55	1,16	1 070
7,7	1,23	0,26	0,24	352
7,7	1,25	0,48	0,39	—
7,3	1,02	0,34	0,30	—
6,8	1,02	0,33	0,30	363
6,8	1,02	0,33	0,30	363
6,8	1,02	0,33	0,30	363
6,8	1,02	0,33	0,30	363
6,4	1,31	0,64	0,62	588
6,2	1,25	0,51	0,49	450
6,1	1,11	0,47	0,46	445
5,1	1,04	0,45	0,11	175
5,3	0,96	0,46	0,10	175
5,3	0,92	0,44	0,06	175
5,6	1,11	0,52	0,14	207
5,0	9,94	0,17	0,16	137
5,1	0,88	0,16	0,15	137
5,1	0,88	0,17	0,12	137
5,1	0,99	0,18	0,15	137
Gleby wykazujące brak fosforu w glebie.				
4,6	0,81	0,10	0,07	99
4,8	0,87	0,12	0,10	127
5,3	0,56	0,33	0,24	179
6,8	0,52	1,18	1,05	1165
6,5	0,86	0,61	0,43	468
6,3	0,71	0,48	0,39	424
5,2	0,42	0,15	0,10	100
6,3	1,18	0,32	0,22	33
5,8	0,88	0,15	0,22	23
5,9	0,88	0,16	0,14	25
6,3	0,98	0,17	0,15	17

gleby zasobniejsze w zasady, głównie wapno, nie potrzebowały dodatku nawozów fosforowych, bo mogły wyzyskiwać naturalne zasoby fosforowe gleby. Można też przytoczyć inne zestawienie tegoż autora ujmujące przyswajalność połączeń fosforowych gleby w zależności od zasobów w nich wapnia.

Tablica 2.

Odczyn PH	CaO rozpuszcz. w stęż. HCl %	CaO rozpuszcz. w 1% kwasie cytrynowym %	Całk. zawartość P_2O_5 %	P_2O_5 rozpuszcz. w 1% kwasie cytrynowym %	Zawartość P_2O_5 w soku roślin %
7,9	3,23	0,39	0,37	0,0320	0,063
7,3	0,40	0,22	0,34	0,0064	0,024
7,2	0,46	0,20	0,27	0,0044	
6,2	0,31	0,15	0,26	0,0042	0,013
6,0	0,22	0,11	0,26	0 0026	
6,5	0,25	0,14	0,36	0,0027	

Z zestawień tych wynika, że gleby o mniejwięcej zbliżonych, lub niekiedy nawet jednakowych zawartościach całkowitego kwasu fosforowego, wykazywały różną przyswajalność jego, co ujawniało się w procentowej zawartości tego składnika w sokach badanych roślin. Zależało to od ilości wapna w glebie oraz od wynikających z zawartości wapna zmian odczynu glebowego.

Powyższe wskazówki słuszne są dla warunków racjonalnego, nie nadmiernego stosowania wapna. Wtedy wapnowanie zwiększa aktywność nawozów fosforowych. W razie jednakowoż nadmiernego wapnowania roli wystąpić może deprymujący efekt spowodowany obniżeniem rozpuszczalności fosforanów w obecności nadmiaru wapna.

Z dawniejszych danych literatury co do omawianego zagadnienia wskazać można na doświadczenia Gedroicia,

który obserwował w doświadczeniach wazonowych przeprowadzonych nad pięcioma glebami uruchomienie kwasu fosforowego pod wpływem wapna.

Można na poparcie powyższego twierdzenia przytoczyć również dane Wohltmanna, co do wpływu wapna na rozpuszczalność nawozów fosforowych.

W jednym naprz. wypadku znaleziono następujące ilości P_2O_5 przechodzące do roztworu $2^0/_0$ kwasu cytrynowego z parcel pola doświadczalnego w Poppelsdorf nawożonego w następujący sposób:

Pole	% P_2O_5 rozpuszczalnego w 2% kwasie cytrynowym
bez nawozu	0,014
bez nawozu + wapno	0,037
z superfosfatem	0,017
z superfosfatem + wapno	0,034

a więc w obydwu wypadkach, zarówno na polu nawiezionem superfosfatem, jak i na polu nienawożonem, pod wpływem wapna zwiększyła się ilość łatwo rozpuszczalnego P_2O_5.

Doświadczenia Prianisznikowa i Mitscherlicha przeprowadzone w wazonach z różnemi roślinami również wykazują wybitny wpływ wapna na pobieranie fosforu, przyczem okazało się, że wprowadzenie do wazonów wapna wywiera niejednakowy wpływ na różne fosforany. Prianisznikow na podstawie licznych swych badań w tej kwestji dochodzi do wniosku, że wpływ wapna na pobieranie fosforu jest o tyle złożonym, iż jest wskazane dalsze badania w tej kwestji przeprowadzać na określonych typach glebowych, by mieć o ile możności znane, proste warunki, któreby uczyniły badania ograniczonemi do ściśle ustalonych kwestji.

Przytacza on np. następujące doświadczenia wykonane w wazonach nad wpływem wapna na przyswajalność

jedno — dwu — i trójzasadowego fosforanu wapnia, dodanych do kompletnego nawożenia potasem i azotem.

		Plon w gramach			
		bez $CaCO_3$	$^1/_4$% $CaCO_3$	$^1/_2$% $CaCO_3$	1% $CaCO_3$
Hreczka	fosforan jednowapienny .	22,1	21,1	19,6	22,6
„	fosforan trójwapienny .	16,9	2,5	1,2	1,2
Groch	fosforan jednowapienny .	22,3	23,6	23,7	17,3
„	mąka kostna	18,9	14,7	14,0	9,3
Jęczmień	fosforan dwuwapniowy .	18,4	18,6	18,5	18,2
Owies	fosforan trójwapniowy .	12,9	6,0	6,2	6,2

Podczas kiedy działanie wapna na fosforany mało rozpuszczalne, jak fosforan trójwapniowy zawarty w fosforytach, mączce kostnej, jest bardzo znaczne w kierunku utrudnienia pobierania fosforu z tych połączeń, to fosforany jedno — i dwuwapniowe są znacznie mniej wrażliwe na wprowadzenie do roli wapna.

Z tego powodu nawozy zawierające te łatwiej rozpuszczalne połączenia fosforowe (tomasyna) nie ulegają osłabiającemu działaniu wapna. Już z tego wynika, że jeśli mowa o wpływie wapna na przyswajalność fosforu z zasobów glebowych, lub też z różnych nawozów fosforowych, to rozpatrzeć należy przemiany chemiczne mogące zachodzić w różnych glebach w zetknięciu ich z fosforanami przy udziale, lub bez, zmiennych ilości wapna.

Jentys i Zaleski, zajmowali się u nas tą sprawą w Krakowskim doświadczalnym zakładzie rolniczym. Przytaczają oni między innemi wyniki doświadczeń polowych nad działaniem równowartościowych dawek kwasu fosforowego użytego w postaci tomasyny i superfosfatu na plon żyta w majątku Brusniku pow. grzybowskiego.

Okazało się, że działanie tomasyny było w danym wypadku bez porównania lepsze niż superfosfatu, jak to wykazuje wyraźnie poniższe zestawienie.

Zebrano więcej z morga żyta	ziarna kg	słomy kg
na tomasynie. . . .	785	18 48
na superfosfacie . .	202	3 45

Ponieważ w danym wypadku nie mogło być mowy o stratach kwasu fosforowego superfosfatu z gleby przez wypłókanie, przeto nasuwało się przypuszczenie, że łatwo rozpuszczalne fosforany stanowiące superfosfat musiały utworzyć w glebie związki trudniej dla roślin przyswajalne, niż zawarte w tomasynie związki fosforowe, nie tworzące w glebie połączeń trudno rozpuszczalnych. Przeprowadzona analiza danej gleby i podglebia wykazała

	W glebie	W podglebiu
Tlenek wapnia . . .	0,34%	0,78%
Węglan wapnia . . .	0,03 „	0,04 „
Tlenek żelaza . . .	2,74 „	2,91 „
Tlenek glinowy . . .	2,74 „	4,03 „

Jak wynika z tych liczb w danej glebie znajdowało się dużo glinu i żelaza, a stosunkowo mało wapna, zwłaszcza w formie węglanu, wobec tego wydawało się prawdopodobne, że łatwo rozpuszczalny fosforan superfosfatu mógł uledz łatwej przemianie, w zetknięciu z solami żelaza i glinu, na trudno rozpuszczalne fosforany tych metali.

Natomiast fosfór tomasyny, jako trudniej rozpuszczalny, nie uległ tak łatwo przejściu w związki fosforowe żelaza lub glinu, czyli nie uległ tak zwanemu procesowi cofnięcia.

Jentys i Zaleski chcąc sprawdzić słuszność swych przypuszczeń przeprowadzili w tymże majątku doświadczenie nad działaniem wapnowania na przyswajalność fosforu tomasyny i superfosfatu, wychodząc z założenia, że na glebie żelazistej dodanie wapna powoduje niedopuszczenie przejścia fosforu superfosfatu w fosforany żelaza. Doświadczenia przeprowadzono nad pszenicą. Zbiór na mórg wypadł jak następuje:

	Bez wapna kg		Na wapnie kg	
	ziarno	słoma	ziarno	słoma
Bez nawozu fosforowego . .	768	2016	800	1536
Na tomasynie	1088	2320	822	2270
Na superfosfacie	912	2200	1152	2400

Wapno wpłynęło więc bardzo wybitnie na działanie nawozów fosforowych poprawiając wybitnie skuteczność superfosfatu, a obniżając przyswajalność tomasyny.

Przeprowadzone przez tych autorów doświadczenia ścisłe w kulturach wazonowych wykazały zupełną zgodność z wynikami doświadczeń polowych. Pozatem okazało się w doświadczeniach wazonowych, że wpływowi wapna ulega nie tylko wysokość plonów rośliny, ale także i zawartość w niej kwasu fosforowego.

I tak w wazonach z ziemią z dodatkiem kredy znaleziono wyższe ilości pobranego P_2O_5, od ilości pobranych z gleby bez dodatku wapna. Zwyżka wynosiła około 50% P_2O_5 w plonie owsa.

Zauważyć należy, że wymienieni autorzy podkreślają, że przy rozpatrywaniu danego procesu uwzględniać też

należy indywidualne własności rośliny. Tak np. gorczyca biała łatwiej pobierająca fosfor ze związków trudno rozpuszczalnych nie wykazała ani różnicy w oddziaływaniu na nią tomasyny i superfosfatu, tak na glebie wapnowanej jak i na bezwapiennej.

Fakty powyższe wskazują jak niedostatecznie uzasadnionem jest mniemanie wielu praktyków rolnych, że wapno musi bezwarunkowo wpłynąć obniżająco na przyswajalność fosforu ze wszystkich fosforanów. Obserwowana w niektórych doświadczeniach Prianisznikowa depresja w pobieraniu fosforu z różnych fosforanów w obecności dodawanego wapna polegać może, poza innemi okolicznościami, także i na zbyt wysokich dawkach węglanu wapniowego stosowanego w tych doświadczeniach. Najniższa mianowicie dawka stosowana w tych doświadczeniach wynosiła 0,25% $CaCO_3$ w stosunku do wagi gleby. Dawka taka węglanu wapniowego odpowiadała 75 centn. mtr. wapna danego na ha.

Chcąc zbadać, jak wapno działa na pobieranie kwasu fosforowego z trudno rozpuszczalnych fosforanów glinu i żelaza wykonał Prianisznikow doświadczenie wazonowe, którego wyniki przytoczone są poniżej:

	Plon w gr. przy dodaniu			
	bez $CaCO_3$	1/4% $CaCO_3$	1/2% $CaCO_3$	1% $CaCO_3$
Jęczmień na $AlPO_4$ świeżo wytrąconym	33,4	13,0	15,5	17,1
Owies na $FePO_4$ świeżo wytrąconym	20,9	12,5	13,1	16,8
Hreczka na żarzonym $AlPO_4$ . . .	11,5	5,8	2,3	2,1
Hreczka na $FePO_4$	2,7	2,5	2,3	2,2

Obniżające wykorzystanie fosforu działanie wapna obserwowane w tem doświadczeniu nie stoi jednakowoż

w sprzeczności z wynikami tych autorów, którzy znajdowali, że wapno jak gdyby chroni przed cofaniem się łatwiej rozpuszczalnych fosforanów w fosforany glinu i żelaza. Równowaga, na którą może wpływać wapno przy powstawaniu fosforanów żelaza, glinu i wapnia — w danem doświadczeniu nie mogła zachodzić, bo cały fosfór przed doświadczeniem przeprowadzonym już był w formy nierozpuszczalnych połączeń żelaza i glinu. Zresztą nawet i w takich razach możliwe jest w pewnych warunkach składu chemicznego podłoża uruchomienie fosforu pod wływem wapna z fosforanu glinu i żelaza. Prianisznikow przytacza np. następujące doświadczenie.

W kulturach wazonowych obsianych jęczmieniem, jako źródło fosforu dodano $FePO_4$. Azot w jednej serji doświadczeń dodano w formie azotanu wapnia, a w drugiej serji w postaci azotanu amonowego. Plon w gramach był następujący:

Na $Ca(NO_3)_2$		Na NH_4NO_3	
bez wapna	z wapnem	bez wapna	z wapnem
20,1 gr	1,3 gr	7,2 gr	19,1 gr

Widzimy tutaj, że wapno powoduje bardzo wybitne obniżenie plonu przy azocie dodanym w postaci $Ca(NO_3)_2$ — natomiast przy zastąpieniu azotanu wapnia, azotanem amonowym, wapno wywierało wysoce dodatni wpływ na pobieranie fosforu z fosforanu żelaza.

Zmiana więc składu chemicznego podłoża w zupełności zadecydowała o wpływie wapna na przyswajalność tego samego połączenia fosforowego. Wynika z tego, że w sprawie wzajemnego stosunku połączeń mineralnofosforowych i wapna w odniesieniu do przyswajalności fosforu, sprawa jeszcze nie jest dostatecznie wyjaśnioną. A jeśli chodzi o stosunki praktyki rolniczej, to trzeba

mieć na uwadze, że wapno wywierać będzie wpływ nie tylko na składniki fosforowe mineralne, ale również powodować może daleko idące zmiany w uruchomieniu fosforu substancji humusowych.

Na podstawie poprzednich rozpatrywań, gdzie widzieliśmy, że przez dodatek wapna normalnie przyspieszamy dezagregację mas próchnicznych związaną z uproszczeniem ich budowy, wynika, że i w wypadku fosforu połączeń próchnicznych spodziewać się można zwiększenia przyswajalności zawartego w nich fosforu pod wpływem wapnowania.

Optymalne ilości wapna

Jest rzeczą jasną, że korzystne oddziaływanie pewnego czynnika, w danym razie wapna, ma swe optymum, po za którem efekt działania obniża się, a w pewnych warunkach zjawiać się może efekt ujemnego oddziaływania. Jest to prawo bardzo ogólne i wielokrotnie dla różnych czynników stwierdzone, lecz w wypadku działania wapna na glebę, zjawisko o tyle jeszcze ulega zawikłaniom, że wpływ wapna obejmuje bardzo różnorodne procesy przebiegające w glebie, z których każdy ma swe optymum dla pewnych ilości działającego wapna. Te optyma poszczególnych efektów wapna na różne procesy nie pokrywają się ze sobą i ilości wapna wywołujące optymalne poprawienie pewnych własności mogą nie odpowiadać ilościom potrzebnym do wywołania najlepszego wpływu na inne własności. Trzeba więc tak sprawę kierować, by uzyskiwać przez dodawanie wapna, nie maksimum wpływu na pewien odrębny proces glebowy, a by wywoływać optymalny efekt biologiczny na badanej glebie poddanej wapnowaniu. Za miarę najkorzystniejszego oddziaływania wapnowania przyjmować trzeba nie spowodowanie w niej przez wapnowanie najlepszych warunków zachodzenia jednego lub kilku nawet procesów glebowych, a brać trzeba wypadkową oddziaływań wapnowania na wszystkie

procesy w glebie zachodzące, wypadkową przy której otrzymywać będziemy optymalną i maksymalną produktywność gleby.

Wpływ wapna na potas

Oddziaływanie wapnowania na uruchomienie zapasów potasu zawartego w glebie w połączeniach krzemianowych, glino-krzemianowych lub w stanie zaadsorbowanym było przedmiotem bardzo licznych dociekań. Niektórzy autorzy nie otrzymywali dodatnich wyników przy badaniach nad działaniem wapna na uruchomienie potasu ze składników glebowych. (Z nowszych naprz. Briggs, Breazeall, Gaither, Kellner i inni). Istnieją natomiast również liczne badania, z których rezultatów wynika, że nawet trudno rozkładane skalenie pod działaniem wapna przeprowadzają do roztworu potas (Moorse, Curry, Rumpler i inni).

Rozbieżność otrzymywanych wyników polega w dużej mierze na różnorodnych warunkach przeprowadzenia doświadczeń.

Teoretycznie przewidywać można, że wymiana zasad glebowych pod wpływem dodawanej zasady zachodzić może i normowaną jest zarówno własnościami, jak i stężeniem będącego w roztworze jonu, oraz zachodzi w ilościach równoważnych.

Przez energiczne przeto stosowanie wapna można zastępować przez niego potas w związkach glebowych. Rumpler, działając kilkakrotnie na glebę wodą wapienną, przeprowadził z niej cały potas do roztworu. Ramann podaje, że jeśli gleba jest zasobną w związki potasowe i sodowe, to wtedy przy wapnowaniu wapnem palonem mogą one przechodzić do roztworu w formie wodorotlenków, co może nawet być zjawiskiem niekorzystnem, bo wodorotlenki sodu i potasu są mało sorbowane przez składniki glebowe, i wtedy mogą być więcej aktywne, a rośliny cierpią od nich, nawet przy nieznacznych ich stężeniach. W naszych warunkach

klimatycznych gleby nietylko nie są zasobne w połączenia sodowe i potasowe, ale są nawet w stanie adsorbcyjnie nienasyconym — nie mogą przeto zachodzić ujemne wpływy wapnowania na skutek formowania się wodorotlenków potasu i sodu.

W jednym tylko wypadku proces taki zachodzić może, a to mianowicie przy równoczesnem stosowaniu wapna i nawozów potasowych. Wtedy istotnie może niekiedy zjawić się przejściowo węglan potasowy.

Dlatego też wskazanem jest w praktyce dawanie tych dwóch rodzajów nawozów nie jednocześnie, a najpierw wapnować, i po upływie pewnego czasu dać nawozy potasowe.

Wpływ wapna na plon roślin

Powyżej rozpatrzeliśmy pobieżnie szereg własności fizyko-chemicznych glebowych, na które wywiera wyraźny wpływ wapnowanie. Wpływ ten jest z reguły dodatnim, o ile przez nieumiejętne postępowanie nie popełniliśmy przy tym zabiegu jakiegoś przeoczenia, które może zmienić w niepożądanym kierunku wpływ zastosowanego środka.

Jak już wspominaliśmy, ta sama dawka wapna w różnym stopniu przejawić się może na poszczególne procesy glebowe. Normowanie wysokości dawki ma na celu wywołanie najkorzystniejszego wpływu na ostateczny wynik skojarzenia działania wszystkich przemian w glebie zachodzących — na produkcyjność gleby.

Pomijając na razie oddziaływanie wapnowania na przebieg rozlicznych procesów mikrobiologicznych zachodzących w glebie, ograniczamy się narazie do uwidocznienia wpływu wapnowania na kilku glebach.

Aby pozostawać o ile możności przy własnym materjale doświadczalnym, przytaczamy zestawienie wpływu wapna na trzech glebach na plon owsa i jęczmienia.

Jako gleb do tych doświadczeń użyto trzech odmian bielic gliniastych, słabo kwaśnych i prawie obo-

jętnych, by wykazać, że nawet w warunkach bardzo nieznacznego zakwaszenia, efekt wapnowania będzie występował wyraźnie, co jest wskazówką, iż przy glebach bardziej kwaśnych reakcja będzie tem silniejsza.

Zestawienie poniższe podaje plony przeciętnie z trzech równoległych wazonów. Wapno dodano w postaci wapna palonego do gleb w różny sposób nawożonych, aby wykazać, że skutkowanie nawozów zależnem jest od obecności pewnej ilości wapna w glebie.

Tablica 3.

	Bez nawozu	Fosfór Potas	Azot Potas	Fosfór Azot	Fosfór Azot Potas		
Plon ziarna owsa . . .	3,7	3,6	15,9	15,1	14,3	bez wapna	Gleba gliniasta
	8,1	7,3	19,2	19,2	18,7	z wapnem	
Plon ziarna jęczmienia	5,1	4,5	11,2	11,4	13,0	bez wapna	
	8,6	8.6	14,4	12,9	15,1	z wapnem	
Odczyn $PH=$	6,36	6,09	6,07	6,04	6,21		
Plon ziarna owsa . . .	0,7	0,6	12,3	12,8	12,7	bez wapna	Gleba piaszczysta
	2,6	2 4	15,1	15,4	15,6	z wapnem	
Plon ziarna jęczmienia	0.4	0,5	11,8	12,1	11,2	bez wapna	
	2,3	2,1	13,1	12,4	13,8	z wapnem	
Odczyn $PH=$	6,32	6,36	6,3	6,43	6,23		
Plon ziarna owsa . . .	0,3	0.3	11,5	12,5	12.8	bez wapna	Gleba żelazista
	0,8	0,5	12,1	11,3	12,1	z wapnem	
Plon ziarna jęczmienia	0,1	0,2	5,3	6,5	8,2	bez wapna	
	0,4	0,5	9,4	8,2	9,8	z wapnem	
Odczyn $PH=$	6,87	6,94	6,79	6,84	6,84		

Załączona fotografja przedstawia wygląd tychże roślin w czasie dojrzewania (rys. 7).

Jak widzimy z powyższych zestawień, wapno wywierało wpływ dodatni we wszystkich kombinacjach nawozowych pierwszych dwóch gleb, oraz prawie we wszystkich kombinacjach gleby trzeciej, która była prawie zupełnie obojętną, niekwaśną. Widzimy z przy-

toczonych liczb, że skuteczność nawozów ujawniała się dopiero po zwapnowaniu gleby, powodując przy pełnym nawozie zwiększenie plonu na wszystkich glebach. Doświadczenie to, jedno z bardzo wielu, jakie by przytoczyć można, jasno wykazuje jak dużą rolę odgrywać może racjonalnie przeprowadzone wapnowanie.

Jednocześnie wykazuje ono, że wapnowanie odgrywało tu rolę dodatnią w stosunku do każdego z trzech składników odżywczych: — potasu, azotu i fosforu, powodując w razie braku jednego z tych składników zwiększanie plonu li tylko na skutek wapnowania.

Ponadto jest podpadającym fakt ogromnego procentowego podniesienia zwyżki plonów na glebach nienawiezionych.

Fakt ten tłómaczy się tem, że wszystkie użyte do tego doświadczenia gleby były lekko próchniczne. Widocznie więc wapnowanie przyczyniło się do uruchomienia zawartych w próchnicy składników mineralnych. Ponieważ mineralizacja próchnicy zachodzi przedewszystkiem na skutek procesów mikrobiologicznych, widzimy więc, że wapnowanie i na te procesy wywierać może wyraźny dodatni efekt.

Rozpatrzmy tę rzecz nieco bliżej.

Wpływ wapna na procesy mikrobiologiczne

Przedewszystkiem wypada stwierdzić, że zwłaszcza w szerokiej praktyce rolniczej niedostatecznie docenia się znaczenie procesów biologicznych, zachodzących w glebie i wywierających doniosłe oddziaływanie na formowanie się zasobów przyswajalnych pokarmów w glebie, oraz na sam proces pobierania ich przez rośliny. Panuje pewna suggestja, że w procesach stanowiących o żyzności gleby, główną rolę odgrywają czynniki abiotyczne, jak np. chemiczny skład zwietrzeliny skały glebotwórczej i jej własności fizyczne. W ostatnich dopiero czasach baczniejszą zwrócono uwagę na

znaczenie w produktywności gleby, zachodzących w niej procesów mikrobiologicznych.

Przeprowadzone doświadczenia nad bardzo nieraz dodatnimi wpływami częściowej sterylizacji gleby na jej urodzajność zaczynają obecnie interesować również i koła rolnicze. Częściowe wyjałowienie gleby przez dodawane antyseptyki odgrywa w jej mikrobiologji między innemi zapewne taką rolę, jaką odgrywa w pielęgnowaniu zasiewów walka z chwastami. Sterylizacja gleby umożliwia w następstwie energiczniejszy rozwój tych procesów biologicznych, których doniosłość już oddawna została stwierdzona, zbadana i szeroko spopularyzowana, jako czynników wagi niezmiernej w ekonomji przyrody. Można tu wspomnieć o procesie asymilacji wolnego azotu atmosferycznego, o procesie amonifikacji i nitrifikacji i t. d., jako o procesach zmieniających natężenie swego działania przez zastosowane antyseptyki.

Im gleba jest biologicznie więcej czynną, im łatwiej i intensywniej przebiegają w niej procesy mikrobiologiczne, tem własności takiej gleby są lepsze.

W pewnej mierze wnioskować nawet można o urodzajności danej gleby z intensywności zachodzących w niej przemian, powodowanych przez drobnoustroje, oraz wnioskować można, że gleba chemicznie zasobna w składniki pokarmowe, ale biologicznie nieczynnna, nie będzie glebą o wysokim stanie produktywności. Bogate w substancje próchniczne, azotowe i fosforowe gleby torfowiskowe nie mają podobnej zdolności, zanim przez odpowiednie meljoracje nie poprawione zostaną te ich własności, które wprowadzają w nich bujny rozwój świata drobnoustrojów.

Odnośnie do znaczenia wapna dla procesów biologicznych, to krótko da się powiedzieć, iż wszystkie korzystne i ważne procesy biologiczne nie zachodzą

w glebie bezwapiennej, natomiast bardzo silnie wzmagają swą czynność po dodaniu do gleby wapna.

Stąd fakt dobrze znany, że najlepsze nasze gleby, o bujnym przebiegu w nich procesów mikrobiologicznych, są zawsze z natury zasobne w wapno. Widzimy to na czarnoziemach podolskich i wołyńskich. Widzimy to na glebach rozwijających się ze skał lössowych, zalegających w warunkach klimatycznych pośrednich pomiędzy temi, które wywołują tworzenie się typowych czarnoziemów, a temi, przy których formują się już bielice. Są to żyzne i zarazem czynne biologicznie tak zwane w niektórych okolicach popielatki.

Jeśli gleba staje się bezwapienną, to przewidywać trzeba, że musi to być związanem z obniżeniem jej biologicznej sprawności. W przeważnej bowiem ilości procesów biologicznych, przebiegających przy rozkładzie materji organicznej, jako produkty oddychania drobnoustrojów wydzielają się połączenia o mniej lub więcej zaznaczonych własnościach kwasów. Niemożność usunięcia tych kwasów, drogą zobojętniania ich przez obecność w glebie połączeń wapna, powodować będzie gromadzenie się tych kwaśnych połączeń. W rezultacie po pewnym czasie dalszy przebieg danej przemiany materji organicznej musi ustać, ponieważ gromadzące się kwasy hamować będą rozwój drobnoustrojów prowadzących daną przemianę. W naturalnych warunkach, w glebach gdzie rozwój drobnoustrojów jest nadzwyczaj różnorodnym co do ilościowych stosunków panujących pomiędzy poszczególnemi grupami drobnoustrojów, przy pewnym stanie zakwaszenia się gleby stosunki te ulegają radykalnym zmianom. W miarę zwiększania się kwasoty obniża się ilość bakterji, a w ich miejsce poczynają zyskiwać przewagę grzybki. Jest rzeczą jasną, że ze zmianą glebowej mikroflory zajść muszą gruntowne

zmiany w procesach przez nią wywołanych, co doprowadzić musi do zmienienia wydajności gleby.

O ważności procesów biologicznych dla zjawisk zachodzących w roli wnioskować możemy z ilości tych organizmów. Stoklasa szacuje na 1 ha gleby ornej, uwzględniając warstwę grubości 40 cm, 200—400 kg bakterji rozmieszczonych przedewszystkiem w wierzchniej warstwie gleby.

Tenże autor podaje następujące ilości drobnoustrojów obliczone na 1 gr gleby suchej z warstwy 10—20 cm głębokości:

po życie	30—43 miljonów,
„ owsie	28—37 „
„ jęczmieniu	42—58 „
„ burakach	70—90 „
„ ziemniakach	42—45 „
„ koniczynie	72—86 „
„ lucernie	80—120 „

Prócz jakości substancji organicznej, służącej do rozkładu przez drobnoustroje, a wywierającej, jak to widać z powyższych cyfr wpływ na liczebność mikroorganizmów, o rozwoju ich decydują warunki siedliskowe.

W przewiewnych, zasobnych w wapno glebach ogrodowych Stoklasa znajdował w 1 gr gleby 130 miljonów organizmów — w odwapnionych kwaśnych glebach leśnych było ich tylko 5—15 miljonów na 1 gr gleby, a więc dziesięć razy mniej, przyczem różnica gleby ogrodowej w porównaniu z glebą leśną polega nie tylko na różnej ilości drobnoustrojów, lecz, jak już wspomnianem było, także na zmianie gatunków mikroflory.

W glebie ogrodowej o odczynie alkalicznym lub słabo kwaśnym panują bakterje, w glebie leśnej prze-

ważają znoszące dosyć wysoki stopień zakwaszenia gleby grzyby.

Waksmann podaje, że w miarę zwiększania się kwasoty w następujący sposób zwiększała się ilość grzybków w 1 gr gleby

przy *PH* 6,6	1 gr gleby zawierała grzybków	26 000
„ *PH* 5,6	„ „ „	37 000
„ *PH* 4,0	„ „ „	100 000

Wapnowanie wprowadza zmiany odczynu glebowego, tem samem zmienia charakter mikroflory, oraz potęguje jej czynność.

Znaleziono np., że:

	Wydzielała w 6 tygodniach bezwodnika kwasu węglowego
gleba obojętna	0,62 gr
ta sama gleba — wapnowana	0,95 „
gleba kwaśna	0,60 „
ta sama gleba — wapnowana	0,97 „

Dane te dostatecznie wyraźnie wskazują, jak wielkie znaczenie dla czynności biologicznej gleby odgrywa obecność w niej pewnej ilości zasad, mogących zobojętniać tworzące się przy rozkładzie masy organicznej kwasy. Wapnowanie gleb z reguły wzmaga czynność biologiczną gleby i przyspiesza w niej rozkład materjałów organicznych.

Trzeba tu mieć na uwadze dwie okoliczności, decydujące o wpływie zastosowanego wapnowania. Chodzić mianowicie może o to, czy i jaki wywiera wpływ ilość dodanego wapna, oraz jaki wpływ wywiera różny stopień jego rozdrobnienia na szybkość procesów biologicznych. Co się tyczy znaczenia ilości wapna dla procesów rozkładu materji organicznych, to trzeba mieć

na uwadze, że o ile pewne ilości rozkład ten bardzo energicznie przyspieszają, to nadmierne dodanie wapna powodować może obniżenie szybkości tego rozkładu. Gromadzenie substancji próchnicznych w glebach rędzinnych rozwijających się ze skał wapiennych warunkowanem jest w pewnej mierze właśnie nadmierną ilością węglanu wapnia, hamującego rozkład masy roślinnej w tych glebach.

Ilości wapna stosowane w praktyce rolniczej na glebach kwaśnych, nawet w dawkach najwyższych, nie mogą wszakże nigdy spowodować takich warunków, przy których zachodziłoby zmniejszenie szybkości procesów rozkładowych.

Znaczenie stopnia rozdrobnienia wapna

Natomiast okoliczność, że od stopnia rozdrobnienia wapna zależną jest jego skuteczność, nader często wchodzi w grę w technice rolnej. Ponieważ koszty mielenia wapna zależne są od stopnia koniecznej miałkości, zachodzi przeto pytanie, jaki stan rozdrobnienia jest wystarczającym dla celów rolniczych.

Chcąc pozostać w granicach danych doświadczalnych o ile możności współczesnych, można przytoczyć niektóre wyniki badań Runk'a. Badał on szybkość rozkładu nawozów zielonych dodawanych w pewnym stosunku do gleby pod wpływem różnie mielonego wapna. Szybkość rozkładu mierzono, zbierając CO_2 wydzielony w jednakowym czasie z gleby.

Tablica 4.

	Ilość CO_2 w gramach zebrane w ciągu dni							
	7	17	27	43	60	90	120	150
Bez wapna	0,95	12,65	17,31	19,69	21,89	24,84	28,01	30,65
CaO	0,59	12,65	18,59	21,67	24,57	28,18	31,17	33,68
$CaCO_3$, 100 oczek . .	2,62	12,14	18,88	22,09	25,06	28,18	31,26	33,90
$CaCO_3$, 60 oczek . .	1,41	12,23	17,38	20,20	22,95	26,78	30,30	33,44
$CaCO_3$, 20 oczek . .	1,73	11,67	17,17	20,12	22,91	26,12	29,15	31,72

Z liczb tych widzimy, że początkowo w ciągu pierwszych 7—10 dni od czasu wapnowania gleby najenergiczniej oddziaływało wapno najwięcej rozdrobnione. Po upływie wszakże 20 dni skuteczność wapna przesianego przez sito 100 oczkowe była jednakową jak i wapna przesianego przez sito 60 oczkowe. Wapno przesiewane przez sito 20 oczkowe działa mniej więcej w ten sam sposób. Wynik taki jest zupełnie zrozumiały. Aktywność jakiegokolwiek bowiem czynnika działającego w glebie, w danym wypadku wapna zależy od powierzchni jego zbiorowej, oraz od szybkości rozpuszczania i nasycania. W dalszym ciągu czynność ta zależną jest również od odległości między cząsteczkami, które mogą z sobą reagować, czyli zależną jest od przestrzeni dyfuzyjnej. Otóż przy znacznym stanie rozdrobnienia, zarówno ogólna powierzchnia zbiorowa, jak i przestrzeń dyfuzyjna zmienia się w kierunku przyspieszenia reakcji — powierzchnia zbiorowa wzrasta, a odległość dyfuzyjna maleje. Pierwsze przeto oddziaływanie wapna będzie tem energiczniejsze im jest ono lepiej zmielone. Po upływie wszakże pewnego czasu — w danym wypadku 10 dni, rozmieszczenie cząstek wapiennych i ich rozpuszczenie o tyle postąpiły naprzód, że także i cząsteczki nieco grubsze (60 oczek) również energicznie oddziaływały na rozkład nawozów zielonych jak produkt największego rozdrobnienia wapna. Naturalnie, że powyższe liczby odnosić się mogą tylko do wapna używanego przez Runk'a. Dla innych gatunków wapna uledz one mogą pewnym zmianom powodowanym tem, że wapno różnego pochodzenia mieć będzie odmienną strukturę wewnętrzną, niejednakowe ilości zanieczyszczeń, a stąd różną twardość i różną zdolność rozpuszczania się cząstek, nawet tych samych wymiarów.

Im produkt będzie więcej rozdrobniony, tem w każdym razie będzie więcej aktywnym, tak że n. p. węglan wap-

nia bardzo rozproszkowany może się zbliżyć w energji działania do równoważnych ilości wapna palonego mniej sproszkowanego.

Ponieważ jednakże czynność zależy również i od jakości chemicznej danego materjału wapiennego, to wynika z tego, że czynne chemicznie formy wapna np. wapno palone, mogą być znacznie grubiej zmielone niż takie formy wapna, które są chemicznie mniej aktywne np. różne odmiany węglanu wapnia.

Wynika to np. z doświadczenia tegoż Runk'a, który badał wpływ wielkości ziarn, oraz formy chemicznego połączenia wapnia, na rozwój ważniejszych drobnoustrojów glebowych. Znalazł on, hodując te organizmy na płytach o różnych pożywkach następujące wyniki: (Ilości drobnoustrojów wyrażone są w setkach tysięcy).

Tablica 5.

	B. Rad.	Azotobakter	Nitrobakterje	Amonifikujące bakterje	Aktynomycety
Gleba sama	5	4	10	6	15
Gleba z zielonym nawozem . . .	11	13	10	35	32
Gleba z dodatkiem *CaO*	10	20	20	34	49
„ „ „ $CaCO_3$ 20 oczek	8	9	16	20	25
„ „ „ „ 60 „	12	10	24	35	45
„ „ „ „ 100 „	16	16	25	46	50

Z tego doświadczenia wynika przedewszystkiem, że wapnowanie w każdej formie wzmagało badane procesy biologiczne, oraz że praktycznie rzecz biorąc w danym wypadku skutkowanie tlenku wapnia było równe skutkom węglanu wapniowego dostatecznie rozdrobnionego.

Abstrachując od kwestji stanu rozdrobnienia wapna nawozowego, co jest już kwestją raczej drugorzędną,

podnieść należy uwidoczniony w tem doświadczeniu fakt, wzmożenia przez wapno tak niesłychanie ważnych dla rolnika procesów, jakimi są procesy nitrifikacji, asymilacji wolnego azotu, amonifikacji, tworzenia bulwek na korzeniach roślin motylkowych.

Wpływ wapnowania, przebieg nitrifikacji i amonifikacji

Nitrifikacja bez obecności wapna w glebie zachodzić nie może. W tym względzie posiadamy bardzo liczne dane w literaturze zawodowej. Aby pozostawać w obrębie danych współczesnych przeprowadzonych przez odnośnych specjalistów, wystarczy przytoczyć wyniki ostateczne doświadczeń Withersa i Frapsa, Lipmana i Browna, Hutchinsona i Mac Lennana, którzy zgodnie stwierdzają w swych pracach, że obecność wapna w glebie wywiera wpływ dodatni na przemiany zachodzące w procesie nitrifikacji. Wpływ ten, w pewnych granicach, jest proporcjonalnym do ilości dodanego wapna, o ile dodatki nie były zbyt wysokie, wtedy bowiem, podobnie jak to ma miejsce ze wszystkiemi procesami fizjologicznemi, nadmiar czynnika, pobudzającego je w razie użycia dawek umiarkowanych, może przejawić działanie ten sam proces osłabiające.

Odnośnie do przebiegu procesów nitrifikacji pod wpływem wapnowania, przytoczyć też można doświadczenie wykonane w pracowni Prianisznikowa przez jego uczniów.

2 kg gleby czarnoziemnej umieszczono w naczyniach szklannych, utrzymując w nich stałą wilgotność. Jedne próby trzymano bez żadnych dodatków, a niektóre z dodatkiem 0,2% *CaO*. W ciągu trwania doświadczenia przeprowadzano oznaczenia wytwarzanych z substancji próchnicznych związków amonowych i azotanów.

Wyniki są następujące:

Znaleziono azotu w formie azotanów mg na 1 kg gleby.

	Przed doświadczeniem	Po upływie tygodni 3	6	9
Bez wapna	58,8	69,3	90,3	96,8
Z wapnem	58,8	85,7	120,8	118,3

Azotu amoniakalnego w mg na 1 kg gleby.

Bez wapna	14,0	17,5	26,7	16,8
Z wapnem	14,0	14,8	29,4	35,5

Ponieważ amoniak jest tylko w danym wypadku formą przejściową w procesie nitrifikacji i ilość jego nie zależy tylko od szybkości formowania się jego, ale jest różnicą szybkości procesów nitrifikacji i amonifikacji, przeto dogodniej wnioskować według Prianisznikowa o wpływie wapna na obydwa te procesy razem. Suma przemienionych połączeń próchnicznych azotowych w połączenia azotowe rozpuszczalne była:

	Przed doświadczeniem	Po upływie tygodni 3	6	9
Bez wapna	72,8	86,8	117,0	113,6
Z wapnem	72,8	100,5	150,2	153,3
Różnica w mg	—	+13,3	+33,2	+40,2

W wypadkach badanej gleby czarnoziemnej dało się stwierdzić korzystne wzmożenia procesów biologicz-

nego uruchomienia azotu z substancji humusowych pod wpływem wapna.

Dla gleby bielicowej odpowiednie analogicznie wykonane doświadczenia dały wynik następujący po upływie 9 tygodni:

	N amonjak.	N azotanów	Suma
Bez wapna . . .	28,5	32,9	61,5 mg na 1 kg gleby
Z wapnem . . .	71,4	75,4	147,5 mg na 1 kg gleby

I w tem więc też doświadczeniu obserwować można było po upływie 9 tygodni wybitne oddziaływanie wapna na badane procesy; zauważono przytem, że na bielicy czynność wapna występuje nie tak szybko, jak to miało miejsce na glebie czarnoziemnej.

Wpływ wapna na wiązanie azotu atmosferycznego

Co się tyczy procesów asymilacji wolnego azotu przez drobnoustroje, to również literatura fachowa rozporządza obfitym materjałem doświadczalnym wykazującym dodatnie skutki wapnowania na przebieg tych procesów. Przy badaniu wpływu wapna na procesy asymilacji wolnego azotu znaleziono zarówno tak zwiększenie pod wpływem wapna ilości wiązanego azotu jak jednocześnie stwierdzono, że ilość bulwek korzeniowych u roślin motylkowych wzrasta przy wapnowaniu. Tak np. Perkins, badając wpływ poszczególnych składników odżywczych i wapna na wytwarzanie się bulwek korzeniowych otrzymał między innemi następujące wyniki znajdujące się na stronie następnej.

Wyniki wskazują, że przy zastosowaniu wapna w drobnych ilościach, ilość brodawek bardzo silnie powiększa się. Duże dawki już nie wykazywały wpływu w porównaniu do małych dawek wapna — względnie wpływ ten był słabszym.

Ilość dawek stosowanych nawozów			Ilość brodawek korzeniowych na 10 roślinach
$CaCO_3$	KCl	NaH_2PO_4	
0	0	10	10
2	0	8	103
4	0	6	87
6	0	4	93
0	2	8	25
2	2	6	60
4	2	4	79
6	2	2	85
0	10	0	18
4	8	0	76
4	6	0	97
6	4	0	59

W innem doświadczeniu tegoż autora podany jest wpływ wapna stosowanego w kulturach piaskowych pod tę samą roślinę w dawkach 0—50—250—500—1000—3000 i 5000 funtów $CaCO_3$ na *akr* przy różnej wilgotności gleby.

Wyniki są na ogół zupełnie zgodne z wynikami uprzednio podanemi. Widać tutaj (str. 59) nadzwyczaj korzystny wpływ wapnowania na tworzenie się brodawek korzeniowych, a co za tem idzie na utrwalenie i wyzyskiwanie azotu atmosferycznego drogą procesów biologicznych zachodzących w glebie. Wzmożona przez wapnowanie biologiczna czynność gleby poza odzwierciadlaniem korzystnych warunków aeracji i wilgotności glebowej, zarówno dla rozwoju drobnoustrojów jak i roślinności wyższej, odgrywać również może wpływ dodatni bezpośredni na żywienie się roślinności.

Znaczenie wapnia dla biologicznego uruchamiania pokarmów roślinnych

Drobnoustroje znajdując przez dodatek wapna do gleby dogodniejsze dla swego rozwoju warunki, pobierać mogą z gleby związki mineralne trudno rozpuszczalne i nieprzystępne wskutek tego dla odżywienia roślinności.

Przy obumieraniu drobnoustrojów nagromadzone w ich ciałach składniki mineralne mogą łatwo ulegać przemianom, prowadzącym do przejścia tych składników w formę łatwiej rozpuszczalną pobieralną przez rośliny wyższe.

Wilgotność w % nasycenia	$CaCO_3$ funtów na akr	Odczyn po 2 tygodniach	Ilość brodawek na 10 roślinach	
25	0	6,9	7	8
25	50	6,5	18	12
25	250	6,8	31	43
25	500	6,9	60	76
25	1000	7,2	61	67
25	3000	7,0	70	70
25	5000	7,3	47	40
50	0	6,7	4	20
50	50	6'9	14	19
50	250	6,9	40	27
50	500	7,1	60	55
50	1000	6,7	60	60
50	3000	7,0	98	85
50	5000	7,0	94	83
75	0	6,5	7	6
75	50	6,6	12	16
75	250	6,5	55	57
75	500	7,1	122	—
75	1000	7,0	88	89
75	3000	7,2	115	92
75	5000	7,0	106	91
100	0	6,5	9	11
100	50	6,6	8	20
100	250	6,4	60	59
100	500	7,0	151	103
100	1000	7,0	132	124
100	3000	7,3	108	136
100	5000	7,0	142	126

W danym razie rola drobnoustrojów polegać będzie na przeprowadzeniu mineralnych, trudno rozpuszczalnych składników, w formę łatwiej przystępną, na skutek procesów żywienia się drobnoustrojów oraz następnego rozpadu ich organizmów.

Lecz po za tem rola drobnoustrojów i w tym względzie powodować może korzystne przemiany, że przy

swej czynności życiowej organizmy te wydzielają kwasy organiczne oraz dużej ilości bezwodnika kwasu węglowego. Kwasy te powodować mogą przyśpieszanie rozpadu mineralnych składników glebowych, co połączone jest z. przeprowadzeniem ich w formę łatwiej rozpuszczalną. Wynika z tego, że oddziaływanie nadmiaru wapna zobojętniającego kwaśne wydzieliny drobnoustrojów wpływać może hamująco na ich działanie rozpuszczające. Natomiast pewna ilość wapna w glebie powodująca energiczniejszy, szybszy w niej rozwój drobnoustrojów w rezultacie okaże swój pożyteczny wpływ pośredni na uruchomienie trudno rozpuszczalnych połączeń.

Z przytoczonych powyżej rozpatrywań wynika, że istotnie wapno w glebie odgrywa wielostronną dodatnią czynność, przyśpieszając i umożliwiając zachodzenie niezmiernie ważnych procesów biologicznych, fizycznych i chemicznych.

Również w rozwoju rośliny samej jako jej pokarm i składnik budulcowy tkanek, rola wapna jest niemniej doniosłą.

Znaczenie wapnia dla życia roślin

Jest on niezbędnym składnikiem odżywczym i brak jego w podłożu uwidacznia się w najmłodszem stadjum rozwoju rośliny, bardzo często już w okresie kiełkowania, mimo pewnych zapasów tego składnika w kiełkującem nasieniu.

Zielone syntezujące części roślin zasobne są zwykle w wapń. Obfite zaopatrzenie rośliny w wapń, powoduje zwiększenie się ilości ziarn chlorofilu. W liściach buraczanych w okresie ich najintensywniejszej syntezy, wapń stanowi około 25% całkowitej ilości popiołu. Większe jeszcze ilości wapnia występują u liści koniczyny w okresie jej kwitnienia. Znajdowano wtedy około 35% całkowitej zawartości popiołu. Liście ty-

toniu zawierały około 5%, liście kapusty około 7% wapnia w swem popiele.

Pałładin podaje, że przy zmniejszaniu zdolności syntezującej liści np. przez zaciemnienie, ilość wapnia ulega obniżeniu.

Według Jakuszkina rola wapnia przy procesie syntezy w liściu polega na dehydratacji i kondensacji, formujących się początkowych połączeń prostych.

Dwunastodniowe roślinki grochu hodowane na kompletnej pożywce z wykluczeniem wapnia miały w jednem doświadczeniu długości 3,6 cm, podczas kiedy analogiczne rośliny, ale hodowane na pożywce z dodatkiem wapnia mierzyły 7,9 cm długości.

W dalszym rozwoju rośliny brak wapnia przejawia się nietylko niklejszym rozwojem roślin, ale niekiedy obserwować można objawy zatruwania takich roślin. W pewnej mierze może to być powodowanem gromadzeniem się w tkankach roślin, o niedostatecznej ilości wapnia, rozpuszczalnych szczawianów nie mogących być wytrąconemi i unieszkodliwionemi z powodu braku w roślinie jonów wapnia.

W tkankach roślin jako rezultat zobojętnienia kwaśnych trujących wydzielin komórkowych przez obecne w tkance sole wapienne powstają kryształy nierozpuszczalnego szczawianu wapnia. W ten sposób szkodliwy wpływ rozpuszczalnych połączeń kwasu szczawiowego zostaje w zupełności usunięty. Bez jonów wapnia nie mogłoby nastąpić wytrącenie szczawianów i pozostawały by one w roztworze.

Zjawiska zatrucia i wogóle zakłócania normalnych procesów życiowych roślin w razie braku w nich wapnia mogą być również wywołane przez szkodliwe oddziaływanie na rośliny jonów innych metali.

Szkodliwość jonów magnezu, którą można usuwać przez dodanie jonów wapnia, dała powód do powstania Teorja Löwa

całej teorji (teorji L ö w'a) traktującej o znaczeniu dla roślin stosunku ilości wapna do magnezu. L ö w uważał, że każda roślina ma swoiste wymagania co do stosunku $CaO : MgO$, przy którem zachodzi optymum jej rozwoju. Dla hreczki stosunek ten miał wynosić 4 : 1, dla owsa 1 : 1. Kwestję antagonistycznego oddziaływania na siebie tych dwóch jonów zajmował się dalej W a r t h i a d i, który w pewnej mierze potwierdził niektóre wywody L ö w'a.

Dla pszenicy, żyta i jęczmienia znalazł W a r t h i a d i, najkorzystniejszy stosunek 1 : 1.

Zarówno zwiększanie ilości wapnia jak i magnezu powodowało w doświadczeniach wazonowych obniżenie plonu tych roślin. Przy zwiększaniu tego stosunku na korzyść wapnia malały zwłaszcza plony ziarn, podczas kiedy plon słomy mniejszym ulegał wahaniom w zależności od zmieniającego się stosunku $\frac{CaO}{MgO}$. W razie zmieniania tego stosunku w kierunku dodawania magnezu zjawisko zachodziło przeciwnie -- wtedy redukcji ulegały przedewszystkiem plony słomy. W doświadczeniach swych W a r t h i a d i potwierdza również przypuszczenie L ö w a, co do znaczenia obecności wapnia w jądrze komórkowem.

Przy braku wapnia obumierają rośliny od góry ku dołowi, brak magnezu wywołuje więdnięcie rośliny od części dolnych ku górnym. Działanie wapnia i magnezu przejawia się pozatem w sposób bardzo wybitny na rozwój systemu korzeniowego — powodując przy korzystnym stosunku obu tych składników bujny, silnie rozgałęziony rozwój korzeni pokrytych długimi, gęstymi włoskami korzeniowymi.

Wapń zdaje się odgrywać także ważną rolę przy wytwarzaniu lepiszcza międzykomórkowego. Pod tym względem zauważyć można pewną zależność w zawar-

tości w roślinie wapnia, w stosunku do zawartości innego pierwiastka, wywierającego wpływ na wytwarzanie się elementów mechanicznie odpornych rośliny, mianowicie krzemu. Widać to np. w sposób wyraźny u zbóż, które wyróżniają się przy stosunkowo nizkiej zawartości wapnia, odpowiednio wysoką zawartością krzemu.

Ilości wapnia pobierane przez rośliny

Ile pobierają z jednostki powierzchni gleby poszczególne rośliny związków wapnia powiedzieć możemy tylko w pewnem przybliżeniu, bo zawartość tlenku wapnia w popiele jednej i tej samej rośliny ulega bardzo szerokim wahaniom. Zależy to od warunków w jakich się dana roślina rozwija, tak glebowych jak i przebiegu pogody, a więc stanu uwilgotnienia i ciepłoty glebowej etc. etc.

W dalszym ciągu ilość pobranego wapnia u pewnego gatunku zmienia się w zależności od odmiany, nawożenia — wogóle od każdego czynnika wzrostu.

Rozmieszczenie w masie roślinnej jest takie, że przedewszystkiem związki wapnia gromadzą się w liściach i łodygach, a w mniejszych ilościach w korzeniach i nasionach.

W nasionach zbóż zawartość wapnia jest niewielką i wynosi od 0,01 do 0,06 na 1000. Nasiona owsa i orkiszu z racji otaczającej je błony są bogatsze w wapń (do 0,1 %).

Nasiona roślin strączkowych są bogatsze w wapń od nasion roślin zbożowych. Nasiona grochu zawierają 0,15%, nasiona wyki 0,2% wapnia.

Nasiona roślin oleistych zwykle są bogatsze w wapń. Być może chodzi tu o zobojętnianie kwasów tłuszczowych. W nasionach maku znajduje się około 2% wapnia.

Co się tyczy zawartości wapnia w łodygach, to u zbożowych najbogatszą w wapń jest słoma kukurydzy

(0,5%) i owies (0,4%). Słoma pszenicy jarej wyróżnia się małą zawartością wapnia (0,2%).

Dla orjentacji przytaczamy kilka liczb. Średni roczny sprzęt zabiera z ha *Ca O*:

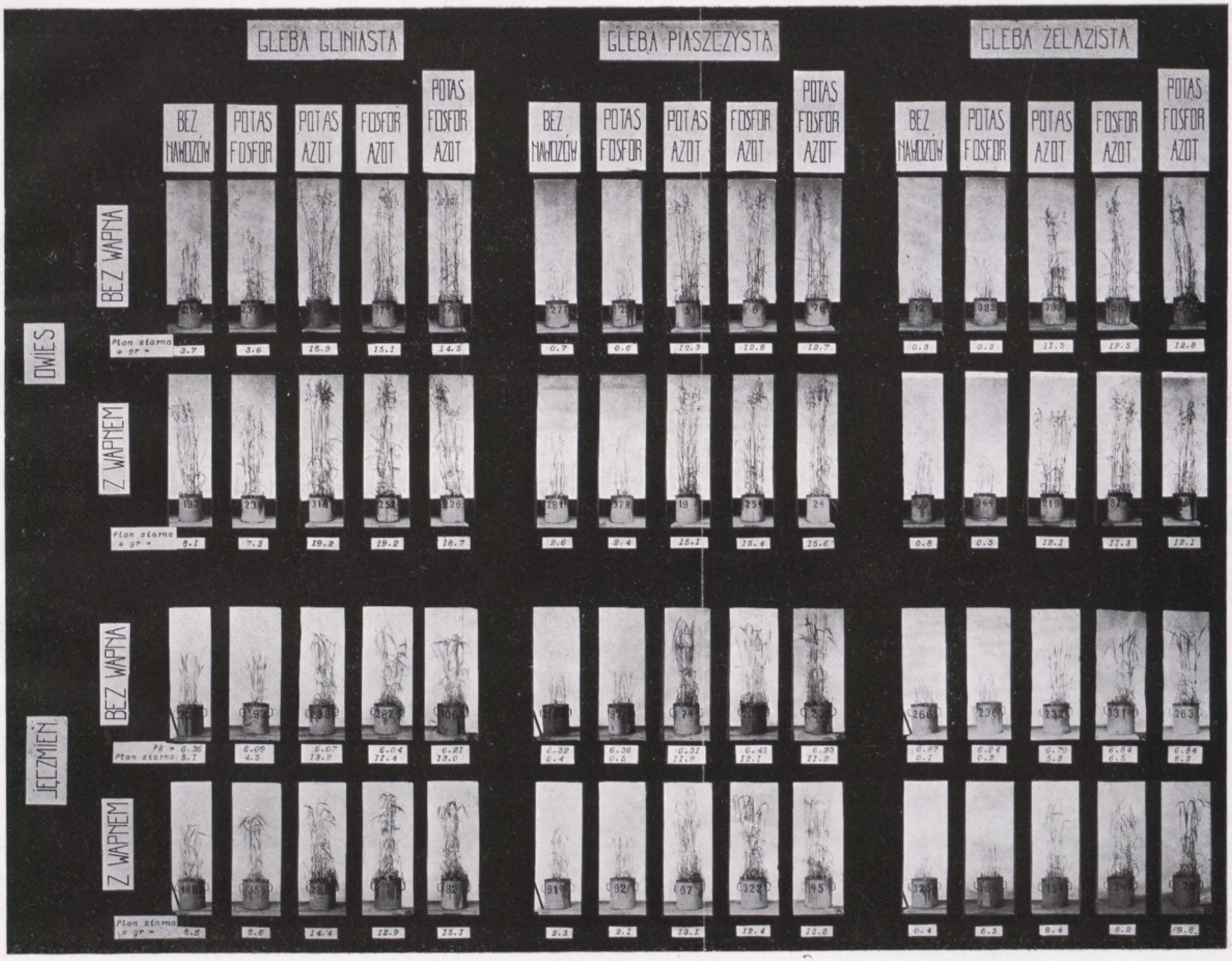
zbożowe	15—30 kg
kukurydzy . . .	40—50 „
buraki pastewne .	20—40 „
„ cukrowe .	25—45 „
groch	45 „
siano	25—50 „
lucerna	200—350 „
ziemniaki	20—35 „
buk	100 „
świerk	70 „
sosna	30 „

Z liczb tych widzimy, że rośliny do swego wyżywienia stosunkowo niewiele potrzebują wapnia i że pod tym względem dostatecznie rok rocznie wnosimy do gleby różnych związków wapiennych w postaci nawozów pomocniczych, jak azotniaku, tomasyny, mąki kostnej, superfosfatu etc.

Jest rzeczą jasną, że wapń jako składnik potrzebny do budowy ciała rośliny może jej być podanym w dowolnym związku, byle dostatecznie rozpuszczalnym.

M i e t h przeprowadził próby dwuletnie w wazonach, podając roślinom wapń wyłącznie w formie krzemianów. Z doświadczeń tych okazało się, że nawet z takich połączeń rośliny mogą wapń pobierać o tyle łatwo, że nie można było skonstatować różnic w zachowaniu się pod tym względem różnych badanych krzemianów wapnia.

Przy nizkiej nawet zawartości wapnia w glebie np. 0,05—0,1% zapasy jego na ha do głębokości 25—30 cm wynosiłyby 3000—6000 kg, a więc wystarczałyby na wie-


GLEBA GLINIASTA
GLEBA PIASZCZYSTA
GLEBA ŻELAZISTA
BEZ NAWOZÓW
POTAS FOSFOR
POTAS AZOT
FOSFOR AZOT
POTAS FOSFOR AZOT
OWIES
BEZ WAPNA
Z WAPNEM
JĘCZMIEŃ
Plon ziarna w gr =

Rysunek 7.

loletnie sprzęty nawet najwięcej wymagających wapnia roślin, jakiemi są niektóre motylkowe. Ze względu więc na potrzeby odżywcze roślin w rzadkich tylko wypadkach koniecznem byłoby wapnowanie gruntu, nawet mając na uwadze i to, że zwiększona zasobność gleby w wapno wpływa bardzo dodatnio na jakość produkowanych roślin, powodując, że np. zboża mniej są wtedy skłonne do wylegania, niektóre drzewa lepiej zawiązują owoce i t. d. Rozpatrując więc skutki i przyczyny wapnowania gleb nie bierzemy zwykle pod uwagę momentu bezpośredniego pobierania przez rośliny tego składnika, lecz opieramy się na tych doniosłych przemianach, jakie wywołuje wapno we wszystkich własnościach roli, przyczem bierzemy pod uwagę nie tylko oddziaływanie na poszczególne procesy glebowe jonów wapnia — lecz uwzględniamy specyficzne warunki wytwarzane w glebie ze względu na używane do wapnowania formy wapna, a mianowicie tlenek, wodorotlenek lub węglan wapnia.

Nader ważnem jest pozatem, że przez wapnowanie wpływając na zmiany szeregu ważnych dla życia roślin procesów zachodzących w glebie, tem samem wpływamy na zmiany głębsze w budowie samych roślin, w ilości i jakości ich połączeń organicznych i mineralnych. Ma to doniosłe znaczenie zarówno dla samych roślin, jak i dla zwierząt i ludzi spożywających następnie te rośliny.

Bezpośrednią korzyścią jaką przez to osiąga np. rolnik, jest to, że podnosi się jakość obornika produkowanego na paszach z gleb zawierających dostateczne ilości wapna, co umożliwia w następstwie zmniejszenie dawek obornika na jednostkę powierzchni.

Na początku niniejszego szkicu powiedzieliśmy, iż wszystkie gleby żyzne zawsze zasobne są w związki wapnia, obecnie na podstawie rozpatrzonych faktów powiedzieć możemy, iż wszystkie gleby bezwapienne są glebami choremi, rozumiejąc przez to, że na podobnych

Rośliny wykazujące brak lub obecność wapna w glebie

glebach jeden, a niekiedy szereg ważnych własności glebowych znajduje się w stanie dla roślin o tyle niekorzystnym lub szkodliwym, że dana gleba nie będzie posiadać niezbędnych dla normalnego wzrostu własności hygjenicznych.

Jakież więc są widoczne kryterja braku wapna w glebie, względnie jakimi środkami mieć możemy możność brak ten ujawnić i zdać sobie sprawę z ilościowych stosunków?

Roślinność porastająca w stanie naturalnym zdawałoby się, że powinna być wskaźnikiem nader trafnym i miarodajnym co do stosunków jakie panują w danej glebie, odnośnie do zawartości w niej wapna, zwłaszcza jeśli uwzględnimy niezmierną czułość roślin na wszelkie czynniki wzrostu. Istotnie według florystycznego składu roślinności często wnioskować możemy o potrzebie wapnowania lub niewapnowania danej gleby. Ponieważ pewne rośliny nie udają się na podłożach bezwapiennych, przeto obecność ich wskazuje na zasobność danego podłoża w wapno. Z takich roślin wymienić można — *Paparer rhoeas* (mak polny) *Melampyrum arvense* (pszeniec polny) *Rhynanthus Crista Galli* (Szelążnik) *Tussilago farfara* (podbiał), oraz rośliny motylkowe, za wyjątkiem łubinu i seradeli.



Rysunek 8.

Co się tyczy roślin wskazujących na brak wapna, do nich są zaliczane Rumex acetosella (szczawik), *Spergula arvensis* (Szporek). *Chrysanthemum segetum* (Jastrun polny). Jednakowoż co się

tyczy tych roślin, to zauważyć trzeba, iż bynajmniej nie są one nieznoszącemi wapna. Tak n. p. szczawik uważamy za najtypowszą roślinę bezwapienną, zupełnie normalnie rozwijać się może na podłożach o wysokiej zawartości wapnia w różnych formach. .

Załączone fotografje (rys. 8) przedstawiają naprzykład szczawik hodowany w kulturach wazonowych na piaszczystej glebie nawiezionej w jednakowy sposób fosforem, azotem i potasem. Do jednej serji dodaliśmy węglanu wapnia, do drugiej gipsu, trzecią pozostawiono bez dodatku wapnia. Prócz tego serja z węglanem podlewaną była wodą nasyconą węglanem wapnia, serja z gipsem wodą nasyconą tym związkiem. Jak widzimy rozwój roślin we wszystkich wazonach był zupełnie normalny zarówno w serji bez wapna, jak i w serji nasyconej tym związkiem. Widocznem jest przeto, że szczawik nie jest rośliną rosnącą tylko na glebach zakwaszonych.

Na podstawie wazonowych doświadczeń został wyjaśniony w stopniu znacznym skomplikowany wpływ wapna na łubin żółty, który uznawano zwykle za roślinę nieznoszącą wapna. Z doświadczeń wazonowych Prianisznikowa wynika jednakowoż, że w pewnych wypadkach także i łubin żółty reaguje dodatnio na wapnowanie pod warunkiem, że dawki tego nawozu będą znacznie mniejsze, niż te które stosujemy pod inne rośliny. Okazało się więc, że także i łubin żółty ma swoje optimum co do wapnowania, ale że leży ono bardzo nizko. Wapno a łubin

Na bogatych w próchnicę czarnoziemach otrzymał n. p. w jednym wypadku Prianisznikow następujące plony łubinu w gramach:

	Przy dodatku *CaO* do gleby		
bez *CaO*	1/4%	1/2%	1%
13,3	14,0	14,6	20,1

Na glebach o nieznacznej zawartości próchnicy takich jak bielice, wyniki w innym wypadku otrzymał tenże autor następujące:

		po dodaniu CaO		
	bez CaO	1/4%	1/2%	3/4%
gleba bielicowata	7,9	8,2	6,6	4,7 gr
" "	7,0	8,3	5,2	3,1 gr

W wypadku więc obydwu gleb zauważyć można było nie tylko nieszkodliwość małych dawek CaO, ale nawet ich pewien dodatni wpływ.

W innych natomiast wypadkach przy tych samych dawkach obserwować było można spadek plonów łubinu i tak podaje tenże autor, że plony wyniosły:

	bez CaO	1/4%	1/2% CaO
na glebie gliniastej łąkowej	10,0	3,2	3,0 gr
na czarnoziemach	34,4	13,7	4,5 gr

W tem ostatniem doświadczeniu najmniejsza z zastosowanych dawek obniżająca plon łubinu była jednakowoż dawką w warunkach naturalnych bardzo wysoką; być może przy niższej dawce nie obserwowalibyśmy i w tym wypadku ujemnego wpływu na łubin.

Doświadczenia powyższe wskazują, jak złożony musi być proces oddziaływania wapnia na glebę, a za jej pośrednictwem na roślinę, skoro na każdej glebie otrzymano inne wyniki.

Prianisznikow wypowiada myśl, że reputacja łubinu, jako rośliny absolutnie nieznoszącej wapna, utworzyła się częściowo zapewne w związku z tem, że łubin żółty jest rośliną przeważnie gleb piaszczystych, na których wszelkie oddziaływanie wapna zachodzi przy znacznie niższych dawkach wapna, niż ma to miejsce u gleb gliniastych i próchnicznych.

W każdym razie stojąc na stanowisku, że w pewnych warunkach wapno nie wywołuje w glebie warunków niekorzystnych dla rozwoju łubinu, stwierdzić musimy, że biorąc rzecz relatywnie, roślina ta ma tak nizkie wymagania co do wapna, że ilości tego związku dodatnio wpływające na inne rośliny przeważnie są już niekorzystne dla rozwoju łubinu.

Na czem polega taka wrażliwość łubinu? Może chodzić tu o wpływ wapnia jako takiego, albo też o oddziaływanie zasad wogóle, które zobojętniać mogą np. wydzieliny kwaśne korzeni łubinu.

Badając te kwestje Prianisznikow używał do porównania różnych soli wapnia na różnych pożywkach kultur piaskowych.

Okazało się, że najsilniej wrażliwym okazał się łubin na węglan wapnia, dalej na krzemian, gips oddziaływał znacznie słabiej.

Wynikałoby z tego, że granica szkodliwego oddziaływania połączeń wapiennych zależną jest nie tyle od ilości jonów wapnia, ile od wywołanej przez niektóre połączenia reakcji zasadowej. Zmiana reakcji wywołać może u tej rośliny utrudnione następnie pobieranie składników pokarmowych, przedewszystkiem fosforu. W każdym bądź razie można uważać łubin żółty, jako roślinę nieznoszącą wapna w tem tylko znaczeniu, że optymum korzystnego wpływu wapna zachodzi przy bardzo nizkiej zawartości jego w glebie.

Jeśli w przyrodzie pewne rośliny występują na miejscach bezwapiennych, to tylko dlatego, że mają one zdolność rozwoju także i na takich miejscach, a więc nie są wypierane w walce o byt z tych miejsc przez rośliny bezspornie wymagające wapnia.

Na tem tle mogą niekiedy zachodzić pewne trudności zdecydowania czy w danym wypadku gleba jest bezwapienną, czy też zawiera dość wapna.

Klimat glebowy. Konieczność przewietrzania roli

Trzeba również mieć na uwadze, że wapno powoduje w glebie rozległy szereg ważnych bardzo dla życia roślinności przemian. Stąd niekiedy pewne rośliny, wrażliwe na jedną z takich wywołanych przez wapno przemian, mogą doskonale rosnąć także i bez wapna, o ile przemiana ta zachodzi na skutek innego niż wapno czynnika. Czułe na przewiewność warstw glebowych rośliny rosną zwykle dobrze na miejscach bogatych w wapno, dlatego tylko nieraz, że wapno, poprawiając strukturę glebową zapewnia jej lepszą przewiewność etc. Dla tego też te same rośliny udawać się mogą również na bezwapiennych gruntach, które z powodu jakichś czynników będą dostatecznie zdrenowane i przewietrzane.

I przeciwnie mówi się pospolicie o roślinach miejsc podmokłych, jako o roślinach charakteryzujących kwaśne, odwapnione przestrzenie. W rzeczywistości zaś rośliny te nie charakteryzują często miejsc odwapnionych, a są właściwe miejscom o niekorzystnych warunkach przewiewności i wilgoci, czyli klimatu glebowego.

Niekorzystne warunki przewiewności wywołane być mogą przez szereg czynników np. przez nadmierną wilgoć wypełniającą przestrzenie między cząsteczkami gleby i w ten sposób hamującą normalną aerację gleby. Wypadki takie pospolicie zachodzą na wielu naszych łąkach i murszach porośniętych przez roślinność sitów, turzyc, mchów, skrzypów etc. mimo, że często są to miejsca bardzo silnego nawapnienia przez spływające z sąsiednich stoków wody. W danym wypadku mamy do czynienia z „pozorną kwasotą" to znaczy z brakiem przewiewności na skutek nadmiaru wilgoci i nie może tu być mowy o braku wapna.

Niewłaściwa, nieumiejętna uprawa mechaniczna powoduje niekiedy zepsucie struktury gleb zasobnych w wapno. Wtedy nawet w warunkach normalnej wilgotności zachodzić będą niekorzystne warunki przewiew-

ności glebowej i zjawią się rośliny, jak np. skrzypy, które w danym razie nie będą wskaźnikiem bezwapienności gleby, a tylko wskaźnikiem braku w niej powietrza.

Podobne objawy powodować mogą zwłaszcza w razie gleb gliniastych, mocniejszych, w nadmiernej ilości lub przez czas dłuższy stosowane nawozy potasowe, wywołujące skłonność gleb do utraty struktury gruzełkowatej.

Szereg więc cały czynników różnych, bardzo często niezależnych od siebie, a prowadzących zawsze do takich zmian struktury glebowej, że pogarszają się w nich stosunki przewiewności, przejawiać się może na zewnątrz zjawieniem się roślinności o dużej zawartości skrzypów lub turzyc. Zwykle wtedy rolnicy mówią o polach na których wyraźniej występuje podobna roślinność, że „zakwasiły się."

W rzeczywistości zaś radykalnie zmienić na takich polach można ich własności na lepsze przez wszystkie te zabiegi, które wywołają w glebie poprawę struktury, a co za tem idzie lepsze przewietrzenie gleby, czyli polepszenie warunków klimatu glebowego.

Wapno wywołujące zgruźlanie się składników glebowych gliniastych i próchnicznych w tym kierunku działać może bardzo dodatnio. Zepsucie się struktury w wielu bardzo wypadkach wystąpić mogło właśnie z powodu braku tego składnika, i tylko przy nadmiarze wilgoci w glebie niezależnem jest od jego ilości. Normalnie więc przez zastosowanie dobrej mechanicznej uprawy, umożliwiającej wnikanie powietrza do warstw głębszych, usunąć bardzo często możemy owo „pozorne zakwaszenie" ziemi, a wraz z tem zanikną także występujące w takich warunkach rośliny, jak skrzypy i t. p.

Jeśli mowa o polepszeniu przewiewności gleby drogą odpowiedniej uprawy mechanicznej, to należy poło-

żyć tu nacisk na dwie okoliczności: na skutki polepszenia przewiewności, oraz na sposób wykonania tego zabiegu.

Co się tyczy wpływu dobrego przewietrzania roli na wzrost roślin, to wydaje się iż mimo pozornego powszechnego doceniania znaczenia przewietrzania gleby przez ogół rolników, rzeczywistość poucza, że zwykle w wypadkach nienormalnego rozwoju roślin, mimo troskliwego pielęgnowania zasiewów, dokonanych we właściwym czasie, mimo korzystnego nawet przebiegu czynników atmosferycznych i t. d. wydaje się, że czynnikiem wpływającym hamująco na należyty przebieg wegetacji i ograniczającym wysokość otrzymanych plonów jest niedostateczny stan przewietrzenia roli.

Często bardzo dokładna uprawa mechaniczna warstwy ornej nie usuwa ujemnych wpływów wywieranych przez zalegające pod nią spoiste podłoże. Brak w niem powietrza zadecyduje, że korzenie rozwijać się będą nienormalnie dając w rezultacie plon niższy. Brak powietrza w warstwie podornej wywołuje zjawienie się w niej procesów redukcyjnych. Związki żelaza ulegają odtlenieniu i przybierają charakterystyczną szarą lub zielonawą barwę. W warunkach takich nie mogą się rozwijać normalnie zarówno drobnoustroje, jak i korzenie roślin wyższych, tak ze względu na brak powietrza, jak i z powodu występowania w tych warstwach związków trujących.

Brak wapna w tych poziomach jest jedną z przyczyn ułatwiających zleżenie się ich i uniemożliwienie wnikania powietrza. Wypadki podobne tak często występują w praktyce rolniczej, że ogólnie powiedzieć można, iż czynnikiem wzrostu przeważnie występującym w minimum, w większości wypadków jest zła przewiewność roli, już to warstwy ornej, już to warstwy pod nią zalegającej. Słuszne jest utarte przez szeroki ogół rolników określenie, że lżejsze grunta są więcej wdzięczne

na nawożenia i wszelkie starania się o nie, niż cięższe role, które jakkolwiek z natury swej żyzne, nie są tak wrażliwemi na stosowanie np. nawozów. Praktyka poucza, że biologicznie czynne lekkie gleby piaszczyste przy intensywnem ich nawożeniu dają pożądany efekt dodatni; przy każdym przeciętnym roku dają one równiejsze i pewniejsze często plony niż bardziej żyzne, ale ciężkie gleby, które w latach zamokrych często zawodzą, a zwykle nie tak intensywnie wykorzystują włożone w nie nawozy, jak to jest właściwe gruntom lżejszym.

Główną przyczyną decydującą o takiem odmiennem zachowaniu się tych dwóch gatunków gleb jest właśnie różna ich przewiewność. Gleby lżejsze są zwykle do głębszych warstw więcej przewiewne niż gleby cięższe. Stąd roślinność pierwszych korzenić się może głębiej i z większej miąższości masy glebowej pobierać może pokarmy szybko się rozkładające w takich glebach. W latach nadmiernie mokrych, nie może na nich wystąpić ujemny wpływ braku powietrza, bo dzięki lepszej przepuszczalności, nigdy powietrze nie będzie wyparte z nich w tym stopniu, jak to ma miejsce na glebach cięższych, które utrzymując przez dłuższy czas wodę w sobie, temsamem utrudniają ich przewietrzenie. Polepszenie przewiewności gruntów cięższych równoznacznem jest z przekształceniem ich w utwory wysokoprodukcyjne. Stąd docenianie drenowania takich pól i skutki ogromne wywołane, nie przez usunięcie wody jako takiej, a przez umożliwienie przez to ich przewietrzenia. Na gruntach zwięzłych o tyle, że mimo drenowania nie działa ono optymalnie, zwłaszcza po dłuższym upływie czasu od przeprowadzenia drenowania, jest koniecznym zabezpieczyć przewiewność roli drogą uprawy mechanicznej.

Głębokość orki

Dość pospolicie w tym celu stosuje się orki głębokie. W wielu wypadkach jest to jednym z prostszych

sposobów prowadzących do celu — w wielu jednakowoż razach wskazanem jest postępowanie odmienne.

Wprawdzie głęboka orka, odpowiednio głęboko doprowadza powietrze, lecz z drugiej strony nie jesteśmy w możności nigdy przeprowadzić tak głębokiej orki, którąby dostatecznie głęboko to powietrze do roli doprowadziła. Nie jesteśmy w możności tego uczynić, tak ze względów technicznych, z racji niemożliwości wyciągnięcia na wierzch, lub tylko odwrócenia, warstwy roli zbyt wielkiej miąższości, jak również i z tego powodu, że wyoranie martwicy oddziałałoby nader ujemnie na wzrost roślin. Należy więc przewietrzanie roli uskutecznić w ten sposób, by nie narazić się na wyciąganie do warstwy wierzchniej utworów martwicowych.

Są czynione próby na większą skalę, by przy płytkich orkach stosować bardzo głębokie rozluźnienie warstw głębokich, za pomocą specjalnych mocnych pogłębiaczy.

Sposób ten wydaje się w niedalekiej przyszłości być o tyle technicznie uproszczonym i opracowanym, że będzie mógł być stosowanym w najszerszej praktyce. Wydaje się, że sposób taki w decydujący sposób wpłynie na intensywniejsze wykorzystanie wielu naszych gleb i że w wielu wypadkach zastąpi on w połączeniu z jednoczesnem odpowiedniem wapnowaniem, kosztowne a niekiedy niekonieczne drenowanie, bo przewietrzając glebę, nie będzie jej wszakże osuszał. Wapnowanie ciężkich nieprzewiewnych pól bez podobnego głębokiego ich rozluźnienia jest poniekąd środkiem zastępczym omówionego pogłębiania roli, ponieważ po pewnym czasie działania wywołuje zgruźlanie się również i warstw głębszych.

Wapno w glebie a jej cechy morfologiczne

Pomocnem okazać się często może przy obserwacjach florystycznych zbadanie cech morfologicznych gleb.

Jak wynika z rozpatrzonych uprzednio wpływów, jakie wywiera wapno na glebę, spodziewać się należy, że gleby bezwapienne w strukturze swej i niektórych własnościach chemicznych mogą ujawnić na oko brak w nich wapna.

Średnio zwięzłe gleby w takich warunkach wykazują skłonność do łatwego zaskorupiania się na powierzchni. Struktura w stanie wilgotnym nie jest gruzełkowatą, gleba taka w palcach nie rozsypuje się na poszczególne gruzełki, a wykazuje mazistość. Połączenia próchniczne przechodzą łatwo do roztworu, nadając ciemne zabarwienie wodom spływającym z gleb bezwapiennych. Ruchliwość połączeń wapiennych pociąga za sobą zjawienie się w glebie procesów redukcyjnych, przy których związki żelaza przechodzą do roztworu i są wymywane w głąb profilu glebowego, tworząc mniej lub więcej wykształcone warstwy rudawcowe. Obecność w profilu glebowym tych warstw zawsze świadczy o tem, że w glebie jest brak wapnia, w obecności bowiem wapnia żelazo nie ulega przemieszczeniom.

Na terenach o konfiguracji falistej wymywanie żelaza odbywać się może nie w głąb profilu glebowego, z wytwarzaniem rudawców, a w zależności od ukształtowania się rzeźby terenu, w stopniu mniej lub więcej znacznym, żelazo może podlegać zmywaniu ze zboczy do miejsc położonych niżej, gdzie zbierając się, daje początek wytwarzaniu się rudy darniowej, czyli łąkowej.

Wykopanie kilku dołów celem zbadania morfologji profilu glebowego, przy umiejętnem ich interpretowaniu, daje często cenne wskazówki co do stosunków, jakim ulegają związki wapnia w glebie.

Metoda wegetacyjna badań potrzeb wapnowania

Jeśli rośliny rosnące dziko nie zawsze mogą nam dać odpowiedź co do naturalnych zasobów wapnia w glebie, to badając wszakże zachowanie się roślin w warunkach zdefinjowanych, które możemy dowolnie

zmieniać, jesteśmy w stanie przez doświadczenia wegetacyjne dać najwięcej miarodajną odpowiedź co do potrzeb wapnowania danej gleby.

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzać można w sposób dwojaki: albo w kulturach wazonowych, albo w doświadczeniach polowych. Każdy z tych sposobów ma swoje dodatne i ujemne strony. Obydwa mają to wspólne z sobą, że dają nam odpowiedź na ostateczny efekt wapnowania gleby w odniesieniu do zmian jej produktywności.

Doświadczenia wazonowe przeprowadzone w zakładach doświadczalnych, jakkolwiek w wielu względach prowadzone są w warunkach nienaturalnych, sztucznych, i dlatego dla celów praktyki rolniczej muszą być ze znajomością rzeczy interpretowane, to wszakże pozwalają na tak szczegółowe i dokładne zbadanie całości danego zagadnienia, że jeszcze przez czas długi pozostaną cennym i ważnym sposobem badania gleb w stosunku do rozwijającej się na nich roślinności. Doświadczenia wazonowe umożliwiają jednocześnie badanie w zupełnie analogicznych warunkach gleb najróżnorodniejszych, nawożonych i obsiewanych w sposób zmienny. Dozwalają one na uniezależnienie się prawie zupełne od przebiegu opadów atmosferycznych, często bardzo psujących wyniki doświadczeń polowych. Doświadczenia wegetacyjne, umożliwiając stałą obserwację w ciągu całego okresu rozwoju danej rośliny, dają tem samem gwarancję słusznego interpretowania zachodzących w doświadczeniu zmian i wpływów.

Dzięki stosunkowej prostocie metodyki tych doświadczeń, zakłady naukowe są w możności w ciągu jednego okresu wegetacyjnego poczynienia szeregu doświadczeń pomocniczych, któreby się należycie skontrolowały i wyjaśniły słuszność wyprowadzonych wniosków. Naturalnie, prowadzący takie doświadczenia zdawać sobie winien

sprawę z charakteru i znaczenia dla roślinności różnic zachodzących we wzroście roślin hodowanych w wazonach i roślin hodowanych bezpośrednio w polu. Kwestję braku naturalnego podglebia w kulturach wazonowych, co jest najistotniejszą różnicą doświadczenia w wazonie i w polu, mamy możność uwzględnić dostatecznie przez odpowiednio nastawione wazonowe doświadczenia z użyciem podglebia badanych gleb. Stworzenie optymalnych wszystkich czynników wzrostu za wyjątkiem jednego badanego, w danym wypadku wpływu wapnowania, daje nam jedyną gwarancję, że obserwowany efekt oddziaływania jego na rośliny nie jest zakłóconym przez niedostatecznie oddziałujący jakiś inny czynnik wzrostu, czego w doświadczeniach polowych z wszelką pewnością nie jesteśmy w możności opanować.

Jakkolwiek więc w doświadczeniach wazonowych mamy odmienne niektóre warunki niż w polu, mimo to ilość obserwacji zebrana w doświadczeniach wazonowych nie ustępuje, nawet pod względem znaczenia dla bezpośredniej praktyki rolniczej, doświadczeniom polowym. Tak np. kwestja wpływu różnych ilości wapna, w różnych jego połączeniach na poszczególne rośliny, w doświadczeniach wazonowych da się znacznie łatwiej ustalić i wyjaśnić niż to by mieć mogło miejsce, przy przeprowadzeniu odnośnych prób wegetacyjnych doświadczeń polowych. W rzeczywistości temi też właśnie metodami wyjaśniono np. sprawę wrażliwości łubinu żółtego na wapnowanie.

Również kwestja wpływu wapna na pobieranie fosforu z gleby tą drogą w dużej mierze została zbadaną.

Wogóle badania ścisłe przedewszystkiem posługują się metodą doświadczeń wegetacyjnych.

Poniżej podane zdjęcia (rys. 9) przedstawiają przeprowadzone w doświadczeniach wazonowych próby nad oddziaływaniem na wzrost prosa, łubinu niebieskiego

i fasoli nawożenia fizjologicznie kwaśnego, fizjologicznie zasadowego z dodatkiem w niektórych kombinacjach siarkanu wapnia, a w niektórych wodorotlenku wapnia.

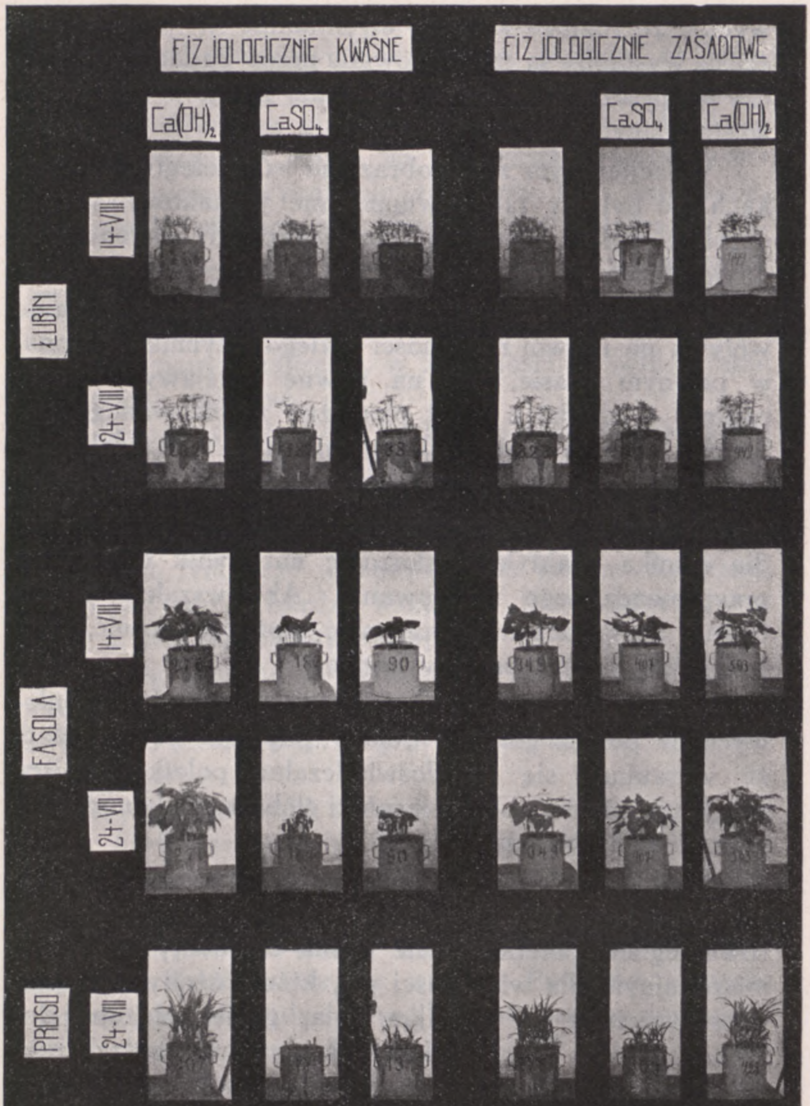
Po upływie 10 dni nastawione doświadczenie daje nam wyraźną odpowiedź na postawione pytanie.

Widzimy tutaj, że na kwaśnej glebie nawożenie fizjologicznie kwaśne wyraźnie ujemnie wpływało na rozwój prosa, fasoli, a bardzo nieznacznie zaznaczyło się na łubinie.

Dodatek do każdej z tych roślin wapna powodował wybitny dodatni efekt. W podobny sposób również przejawiało się nawożenie nawozami fizjologicznie alkalicznemi, dając wszędzie rozwój roślin mniejwięcej jednakowy jak w wazonach z dodatkiem wapna. Ciekawem jest dalej w tym doświadczeniu działanie na badane rośliny gipsu, dodanego zarówno przy nawozie fizjologicznie kwaśnym, jak i przy fizjologicznie alkalicznym. Z racji stanu adsorbcyjnego nienasycenia gleby, gips ulegał rozłożeniu z wydzielaniem anionu kwasu siarkowego, powiększając zakwaszenie gleby, co w rezultacie wywoływało silne uszkodzenie roślin. Najbardziej wrażliwemi okazuje się tutaj proso, o czem już wzmiankowaliśmy uprzednio oraz fasola. Natomiast na łubinie po 10 dniach wzrostu nie widać było na razie ujemnego działania gipsu. Jednakowoż jak to widać na zdjęciu które dokonaliśmy z tych samych roślin, ale po 30 dniach wpływ ten ujemny w następstwie przejawił się także i na rozwoju łubinu.

Z czego wynika, że roślina ta jest także wrażliwą na zakwaszenie, ale w stopniu znacznie słabszym niż proso i fasola.

Przy wykonaniu tego samego doświadczenia w polu w ciągu tego samego czasu nie mielibyśmy ani gwarancji, że dane kawałki pola są dostatecznie równe między sobą pod względem wszystkich właściwości glebo-



Rysunek 9. Działanie wapna i gipsu na glebie kwaśnej przy nawożeniu fizjologicznie kwaśnem i fizjologicznie alkalicznem.

wych i że różnice któreby ewentualnie w tak krótkim czasie wystąpiły są spowodowane przez badany czynnik, czy też przez przypadkowy, w danej glebie w tym czasie występujący.

W najlepszym razie obraz na równoległych poletkach nie był by tak równomiernie jednakowy, jak to uzyskać było można w powtórzeniach wazonowych doświadczeń.

Dla praktyki rolniczej, gdzie nie chodzi o badanie wpływu na rozwój roślinności jakiegoś czynnika (wapna) w pewnym czasie, lub na pewne przejawy życiowe rośliny, a chodzi o efekt pieniężny zastosowanego zabiegu — najbardziej przekonywującym i najbardziej celowym jest wykonanie prób polowych.

Polowe doświadczenia przemawiają najwymowniej dla rolnika praktyka, wskazując mu wynik ostateczny przeprowadzonego wapnowania. Aby wszakże objektywnie doświadczenie takie mieć możność ocenić, musi być w należyty sposób wykonane.

Często bardzo przy zakładaniu doświadczeń polowych na poszczególnych polach popełnia się ten błąd, że wyszukuje się na doświadczalne poletka miejsca specjalnie równe, co do własności glebowych, konfiguracji terenu, uwilgotnienia etc.

Błąd w takiem wykonaniu polega na tem, że wprawdzie otrzymamy wyniki więcej zgodne pomiędzy równoległemi poletkami, ale wynik całkowity nie będzie miarodajnym dla większości pól, które różniły się swemi właściwościami od kawałka pola, gdzie założono doświadczenie, a który to kawałek wcale nie był charakterystycznym obrazem przeciętnych pól. Jeśli pola jakiegoś badanego obszaru są różnorodne, to właśnie doświadczalne poletka założyć należy na miejscach najwięcej zbliżonych do przeciętnej właściwości pól.

Założenie w takim razie pola na terenie bardzo nierównym pod jakimkolwiek względem, pociąga za sobą konieczność wykonania tylko większej ilości powtórzeń. Zwykle 5—6 krotne powtórzenie wystarcza. Wielkość poletek dobieramy mając na względzie przedewszystkiem techniczne wykonanie założenia ich, zmierzenie, wapnowanie obszaru etc. Stumetrowe poletka w zupełności wystarczają, a są dogodne w odmierzaniu i przeliczaniu plonów.

Doświadczenia polowe z wapnowaniem wykonać można w różnym zakresie, w zależności od celów, jakie zamierzamy osięgnąć.

Najprostszy przypadek to będzie porównanie efektu wapnowania pewnych poletek, z poletkami w ten sam sposób co i poprzednie nawiezionemi, ale z wykluczeniem wapna. Ponieważ najczęściej zachodzi jednakowoż pytanie nie tylko czy wapnować, ale jakiemi dawkami, przeto jest rzeczą bardzo wskazaną, doświadczenie wykonać z kilkoma dawkami wapna.

Trzeba mieć na uwadze, przy rozważaniu wyników przeprowadzonego takiego doświadczenia, ewentualne przyczyny, które mogłyby powodować zmianę wyników doświadczeń.

Przy wapnowaniu nader często wystąpić może, jak gdyby nieskuteczność jego, względnie skuteczność bardzo nieznaczna. Może to być powodowane, naprzykład, okresem dłuższej posuchy, czyli, że jako czynnik decydujący o wysokości plonu, wystąpić może nie działanie wapna, a działanie braku wody. Podobne wypadki zdarzają się niekiedy przy zbyt późnem wapnowaniu pod jarzyny na polach suchszych. W latach o normalnych ilościach opadów wapnowanie mogłoby wywrzeć nader dodatni wpływ — w roku wyjątkowo suchym — wapnowanie powodując pewne osuszenie gleby, tem więcej podkreślać może brak w roli wilgoci.

Trzeba mieć jednakowoż na uwadze w takich wypadkach, i wogóle przy doświadczeniach z wapnowaniem trzeba uwzględniać, że wpływ wapnowania nie ogranicza się do oddziaływania w ciągu jednego roku, czy okresu wegetacyjnego, a trwa przez dłuższy czas. Niekiedy nawet brak dodatniego wpływu wapnowania w pierwszym roku, a występuje on dopiero w latach następnych. Z tego wynika, że doświadczenie polowe z wapnowaniem o tyle różni się od innych doświadczeń z użyciem nawozów mineralnych, że trwać musi przez czas dłuższy. Pod tym względem wapnowanie przejawia swe następne oddziaływanie w sposób podobny jak obornik.

Niekiedy przebieg pogody jest tego rodzaju, że obornik na pewnych polach nie skutkuje w roku pierwszym z racji np. zbyt powolnego rozkładania się. W latach natomiast następnych działanie tego nawozu występuje w całej sile.

Przy ocenianiu wpływu wapnowania w doświadczeniach polowych koniecznem jest przeto uwzględnienie oddziaływania jego następczego. W ten sposób konsekwentnie przez dłuższy okres czasu, np. w czasie trwania jednej rotacji płodozmianowej, przeprowadzone doświadczenie z wapnowaniem w sposób niewątpliwy wykazuje wyniki uzyskane na skutek tego gospodarczego zabiegu.

Niestety podobne ujmowanie i traktowanie sprawy w rzeczywistości przez szerszy ogół rolników z różnych powodów nie jest możliwem. Nie wchodząc w przyczyny bliższe takiego stanu rzeczy, widzimy, że nasuwa się konieczność zorganizowania podobnych badań w sposób, któryby umożliwił mimo wszystko stałe badanie i poznawanie nowych warsztatów pracy rolnej, abyśmy otrzymywać z nich mogli maximum użyteczności.

Zakłady naukowe o charatkerze doświadczalnym prace te w pewnej mierze prowadzą starając się oprzeć ją na podstawach przyrodniczych.

Ze względu na ekonomję czasu oraz ze względu na ekonomję środków starają się one znaleźć pewne metody laboratoryjne, któreby w sposób szybki i możliwie ekonomiczny dawały praktyczne wskazówki co do potrzeb wapnowania gleb, najkorzystniejszych sposobów przeprowadzenia tej meljoracji i t. p.

Mimo ześrodkowanych licznych i od długiego czasu prowadzonych w tym kierunku badań nie rozporządzamy do chwili obecnej metodą, któraby w różnych warunkach glebowych dawała zupełnie ścisłe wskazówki co do tych wszystkich momentów.

Na podstawie różnych badań ustalić możemy obecnie przybliżone normy dawek wapna, które w każdym razie są racjonalniejsze niż mechaniczne wapnowanie bez jakichkolwiek podstaw realnych.

Metoda biologiczna Christensena Larsena

Duńczycy stosują do oznaczeń potrzeb wapnowania gleby metodę biologiczną Christensena — Larsena.

Hoduje się azotobaktera na pożywce mannitowej z dodatkiem badanej gleby. Jeśli jest ona bezwapienna, azotobakter nie rozwija się. Węglan magnezu pobudza, również jak $CaCO_3$ azotobaktera do rozwoju, ale nie tak energicznie. Węglany alkaljów są bez działania.

Gleby poniżej 6,1 *PH* — wymagają wapnowania bez próby azotobaktera. Dla gleb w granicach 6,1—7,4 *PH* rozstrzyga próba z azotobakterem. Gleby powyżej 7,4 *PH* — nie wymagają wapnowania (bez próby azotobaktera, który wtedy zawsze się rozwija).

Wykonanie: 20 gr mannitu rozpuszcza się w 1 litrze destylowanej wody + 1,2 gr K_2HPO_4. Płyn wlewa się do 300 cm^3 kolb Erlemmayera, po 50 cm^3 do każdej. Do każdej kolbki dodaje się 5 gr (obliczonej

na suchą substancję) badanej gleby i zaszczepia się równą ilością „surowej" kultury azotobaktera. Jako kontrola służy kolbka bez gleby, ale z dodatkiem 0,2 gr $CaCO_3$, w którym w każdym razie powinien azotobakter dobrze się rozwijać. Kolbki umieszcza się w termostacie w temperaturze 25—26° C.

Od 2-go do 5-go dnia notuje się rozwój azotobaktera codziennie. Stopień rozwoju notuje się jako:

0 — żadnego rozwoju,
1 — rozwój bardzo słaby,
2 — rozwój słaby,
3 — silny rozwój,
4 — maximum rozwoju,

(kożuszek na całej powierzchni cieczy), kolb nie można potrząsać, bo wegetacja tonie na dno). Mikroskopowo kontroluje się, czy kożuszek składa się przeważnie z azotobaktera.

Jako „surowej" kultury używa się materjału otrzymanego przez szczepienie pożywki mannitowej glebą, na której wiadomo, że rozwija się dobrze azotobakter. Na trzeci — czwarty dzień rozwój następuje tak intensywnie, że wtedy kulturę tę używać można do szczepień, jako kulturę „surową".

Christensen i Larsen sprawdzili wyniki otrzymane tą metodą z wynikami uzyskanemi na podstawie doświadczeń polowych; wykazały one prawie zupełną zgodność z wynikami próby azotobaktera.

A mianowicie z 62 gleb, które w metodzie Christensena wykazywały nieprzydatność ich dla rozwoju azotobaktera, 54 gleb (87%) w doświadczeniach polowych wykazały silną reakcję na wapnowanie.

Z drugiej serji 67 gleb, na których próba z azotobakterem wykazywała jego dostateczny lub silny rozwój, 62 gleby (93%) wykazały w doświadczeniach polowych nieskuteczność wapnowania. Dla zbadanych więc ogó-

łem 120 gleb w dużem bardzo przybliżeniu próba z azotobakterem okazała się bardzo użyteczną.

Naturalnie niektóre rośliny, jak *Medicago sativa*, *Medicago lupulina* i inne wymagające dużo wapna, (może buraki cukrowe) być może wymagają specjalnie dużych ilości wapna w glebie i nie zadawalniają się temi ilościami, jakie próba z azotobakterem wykazuje.

Metody chemiczne oznaczania potrzeb wapnowania

Powyżej omówione sposoby badania gleb co do zawartości w nich wapnia stanowią grupę metod biologicznych. Wydaje się jednakże rzeczą prawie pewną, że przy rozwiązywaniu tego zagadnienia metody chemiczne oddadzą niepoślednie usługi. Analiza chemiczna gleb, która w grubszych zarysach szczupłe daje bezpośrednie korzyści dla techniki rolnej — w odniesieniu do badania kwestji wapnia w glebie, już obecnie osiągnęła wyniki pozytywne w wielu wypadkach i spodziewać się należy, że w tej dziedzinie specjalnie rozwiązać może wiele zagadnień czysto praktycznych.

Zaznaczająca się możliwość rozwiązywania chemicznemi metodami spraw wapnowania gleb, dlatego w odróżnieniu od badań chemicznych innych składników glebowych dawać będzie zapewne wyniki dodatnie, bo działanie wapna w glebie jest znacznie więcej zbadanem niż działanie innych składników glebowych. Skoro zaś znamy dostatecznie mechanizm procesów powodowanych w glebie przez związki wapnia, to jednocześnie jesteśmy na prawidłowej drodze w ustalaniu metod, któreby wyjaśniły możliwość lub niemożliwość zachodzenia poszczególnych tych procesów w glebie. Ze względu na nader doniosłe i oddawna odczuwane znaczenie dla rolnictwa kwestji wapnowania, wysiłki w kierunku znalezienia pewnych chemicznych metod, celem ustalenia ilości niezbędnego, optymalnego, wapnia w glebie czynione były od dawna.

Dla orjentacji przytaczamy niektóre mające dziś raczej historyczne znaczenie normy i próby wykonane w tej sprawie.

Tak więc M ü n t z podawał, że dla dobrego rozwoju roślinności w glebach gliniastych winno się znajdować około 5%, a w glebach piaszczystych około 1% wapnia.

W rzeczywistości znamy wiele gleb o zawartości wapnia wielokrotnie mniejszej od tych norm, a mimo to gleby wyróżniają się niekiedy bardzo wysoką produktywnością. Jeden z lepszych znawców kwestji wapnowania O r t h, jako minimum wapnia potrzebnego dla normalnego wzrostu, uważa nie pewną ilość całkowitego wapnia, a tylko te jego połączenia, które są łatwo rozkładalne i dlatego mogą być czynnemi w procesach zachodzących w glebie. Przyjmując, że te formy wapnia są rozpuszczalne w gorącym kwasie solnym, uważa O r t h, że przy 0,05% wapnia w ten sposób rozpuszczalnego gleby wymagają wapnowania. Przy 0,1% zawartości wapnia rośliny mają go dostatecznie, za wyjątkiem koniczyn, grochu, i innych roślin o dużych wymaganiach wapna. Przy uprawie tych roślin wskazanem jest wapnowanie. Zawartość wapnia odpowiadająca 0,5% jest wystarczającą dla wszystkich roślin.

H e i n r i c h uważa, że już 0,3% wapnia rozpuszczalnego w kwasie solnym jest ilością wystarczającą dla wszystkich roślin. Na ogół zaś normy H e i n r i c h a zbliżone są do liczb O r t h a.

To samo powiedzieć można o danych M a e r c k e r a, który ustala następujące granice:

Gleby gliniaste o zawartości do 0,1% wapnia są glebami wymagającemi wapnowania — normalna ilość wapnia w tych glebach wynosić winna 0,25 — 0,5%.

Dla gleb piaszczystych liczby te zmniejszają się odpowiednio o ca 50%.

Z przytoczonych powyżej kilku liczb wynika, że przy rozpatrywaniu wpływu wapnia na własności glebowe brać trzeba pod uwagę szereg okoliczności, a więc przedewszystkiem nie całkowitą zawartość w glebie wapnia, a tylko tych form jego, które dzięki swej stosunkowo łatwej rozpuszczalności mogą brać czynny udział w zmienianiu własności glebowych; stąd konieczność znalezienia sposobu pozwalającego oznaczać ilości owych czynnych połączeń wapiennych.

Dalej mieć trzeba na uwadze, że przy tych samych ilościach tych samych połączeń wapiennych, efekt ich oddziaływania zależnym będzie od innych własności glebowych, — w stopniu bardzo znacznym od składu mechanicznego danej gleby, czyli od stanu jej dyspersji. Hilgard przytacza, że rośliny wapienne występują na glebach amerykańskich przy różnej w nich zawartości wapnia w zależności, czy dane gleby były gliniastemi, czy piaszczystemi. Im gleba jest więcej gliniastą, więcej ciężką, tem wyższa w niej musi być zawartość wapnia, aby mogła się na niej zjawiać roślinność wapienna. Na lekkich piaszczystych glebach stosunkowo nieznaczna zawartość wapnia powoduje umożliwianie występowania na takich glebach wapiennej roślinności.

Mieć trzeba wreszcie na uwadze, że różne rośliny mają różne wymagania co do zasobów w glebie wapnia ze względu na to, że dla pewnych roślin będzie najważniejszym wpływ wapna na określone własności glebowe, które odgrywają być może mniejszą rolę we wzroście innych gatunków roślinnych. Przy badaniu przeto zasobów wapiennych w jakiejś glebie, względnie przy badaniu jej potrzeb wapnowania, wprowadzić musimy szereg uzupełniających oznaczeń, na podstawie których można by było wyrobić sobie pojęcie nie co do braku wapnia ze względu na jedną lub kilka własności glebowych, a ze względu na całokształt tych własności.

Stąd konieczność przy badaniu uciekania się niekiedy do kilku metod, z których każda daje nam odpowiedź na pewne tylko pytania.

W związku z tem podajemy poniżej omówienie niektórych z ważniejszych metod badania następujących własności glebowych.

I. Metody dążące do wykrycia ilości czynnego wapnia w glebie.

II. Metody oparte na oznaczaniu stanu nienasycenia gleb.

III. Metody oznaczania odczynu gleb.

Metoda Meyera

I. Z metod tych przytoczyć można jako zasługujące na wyróżnienie:

a) Metoda Meyer'a, oparta jest na zasadzie, że czynnemi połączeniami wapnia są jego połączenia adsorbcyjne, oraz wymienne pod wpływem soli obojętnych. 25 gr gleby przesianej przez 2 mm sito poddaje się działaniu w ciągu trzech godzin, w temperaturze łaźni wodnej, 100 cm^3 10% roztworu chlorku amonowego.

Po ostudzeniu zawartość kolby doprowadza się do objętości 250 cm^3, sączy i w 25 cm^3 przeprowadza oznaczanie wapnia. (Rozcieńczyć wodą do 80—90 cm^3, zakwasić kwasem octowym, wytrącić na gorąco kwasem szczawiowym). Jest to metoda dająca wyniki bardzo często zgodne z wynikami doświadczeń polowych.

Według Weibull'a trzeba wprowadzać tu pewną poprawkę, w zależności od ilości próchnicy w danej glebie, w tym sensie, że im próchnicy więcej, tem przy tej samej ilości czynnego wapnia zachodzić może częściej konieczność wapnowania tej gleby. Weibull podaje np., że przy zawartości 0,3% czynnego wapna i przy zawartości próchnicy 3—6%, gleby wymagają wapnowania.

Przez długi czas oznaczano jako wapń czynny, tę jego część ogólnej ilości, która przechodziła do roztworu rozcieńczonych kwasów mineralnych, głównie kwasu solnego.

Loew, Heinrich, Orth, Maercker, na podstawie podobnych analiz zestawili normy potrzeb wapnowania, które uprzednio już rozpatrywaliśmy, poddając omówieniu niezgodność ich z wynikami doświadczeń polowych. O wartości stosowania do oznaczenia czynnego w glebie wapnia analiz wyciągów w kwasach mineralnych można powiedzieć wszystko to, co mówi się wogóle o wartości takich metod przy oznaczaniu żyzności gleb. Trudno jest istotnie przypuścić, aby pewien roztwór kwasu mineralnego, działając na tak różnorodne utwory, jakimi mogą być gleby różnych typów, ługował z nich zawsze tylko tę część połączeń wapiennych, której czynność byłaby równoznaczną w wypadku każdej poszczególnej gleby. Rośliny, ani drobnoustroje nie mają do swej dyspozycji energicznych kwasów mineralnych, i nie znamy, jaki równoważnik tych kwasów odpowiada sile ługującej, rozporządzalnej w pewnych warunkach glebowych przez daną roślinę. Ponieważ z drugiej strony wiemy, że jednym z najważniejszych rozpuszczalników istniejących w glebach i mogących powodować przechodzenie do roztworów także czynnych połączeń wapnia, jest nasycony roztwór wodny dwutlenku węgla, przeto analizy takich roztworów mogą być więcej miarodajnymi niż analizy wyciągów kwasu solnego.

b) Metoda Truoga — Duley'a — Fleetwood'a oparta jest właśnie na założeniu, że czynne formy połączeń wapnia w glebie ulegają rozpuszczeniu pod działaniem roztworu dwutlenku węgla w wodzie. Ilość gleby suchej na powietrzu, równoważną 12 gr

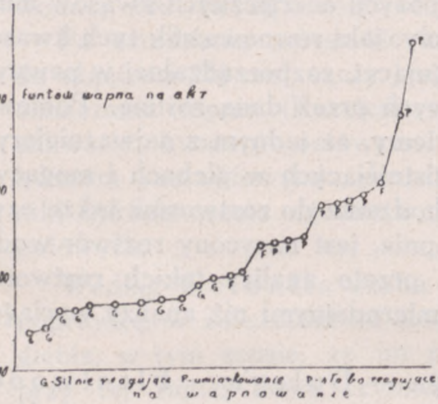
Metoda ługowania roztworem dwutlenku węgla

absolutnie suchej gleby, ługuje się 600 cm³ 0,04 *N* kwasu węglowego, wytrząsając w ciągu dwóch godzin na poziomych mieszadłach mechanicznych. Po przesączeniu przez sączek Buchnera oznacza się zwykłemi metodami wapń w 500 cm³ przesączu.

Według danych Duley'a roztwór 0,04 *N* kwasu węglowego ługował średnio 9,3% całej zawartości wapnia w badanych glebach.

Podaje on, że na badanych glebach zawartość rozpuszczalnego wapnia odpowiadająca ca 550 f., lub mniej, na *akr* wykazywała, że pola silnie reagowały na wapnowanie; przy zawartościach 800 f. na *akr*, lub więcej, reakcja na wapnowanie była słabą.

Fleetwood, opracowując w dalszym ciągu ten temat nad różnemi glebami Missouri, Iowa, Illinois, Kentucky i Ohio, podaje bardzo zbliżone wyniki. Doświadczenia wegetacyjne polowe przeprowadzone równorzędnie z badaniami laboratoryjnemi wykazały, że gleby o średniej zawartości do 650 f. na *akr* wapnia rozpuszczalnego w 0,04 *N* kwasie węglowym wyraźnie reagują na wapnowanie zwyżką plonów. Na glebach o zawartości powyżej 870 f. na *akr* wapno słabo skutkowało. Liczby powyższe odnoszą się do warstw wierzchnich (0—7 stóp).



Rysunek 10.

Dla zbadanych 26 gleb różnych stanów podaje autor ten powyższe graficzne zestawienie stosunków zawartości rozpuszczalnego wapnia

(warstwa 0—7 stóp) oraz skutkowania na tych glebach wapnowania.

Jeśli wyjść z założenia, że jedną z najczynniejszych form wapnia w glebie jest węglan wapnia, to przez oznaczenie ilości wydzielonego z gleby pod wpływem kwasów CO_2 wnioskować będziemy o zawartości w glebie danej wapna.

Próba kwasem solnym

Najprostszą próbą będzie tu próba z kwasem solnym. Wszelkie badania nad wapniem w glebie powinny być rozpoczynane od tej próby, ponieważ wynik jej pozytywny często bardzo czyni zbędnem jakiekolwiek dalsze badania, które zawsze są więcej złożone, i więcej zajmują czasu i środków.

Gleby silnie burzące po dodaniu kwasu solnego nie wymagają wapnowania. Natomiast słabe burzenie, albo też brak jakiejkolwiek reakcji z kwasem solnym bynajmniej nie wskazuje na zbędność dodawania wapna. Trzeba też mieć bardzo na uwadze przy wykonywaniu tej próby, i wogóle przy wszelkich oznaczeniach bezwodnika kwasu węglowego, czy dana próbka glebowa wydziela ten gaz równomiernie z całej swej masy, czy też lokalnie tylko zaznacza się burzenie. W tym ostatnim wypadku widocznem jest, że mimo zawartości nawet znacznej niekiedy wapna, może ono być zupełnie nieczynnem z racji niedokładnego zetknięcia się z całą masą glebową. Większe grudki wapienne nietylko że nie stykają się dokładnie z masą glebową, ale i rozpuszczalność ich jest mniejsza, a więc i energja oddziaływania odpowiednio mniejsza. W wypadku gleb zawierających resztki węglanu magnezowo-wapiennego trzeba mieć na uwadze, że próba z kwasem solnym zawodzi. Ogrzanie próbki może dopiero spowodować żywsze wydzielanie się bezwodnika kwasu węglowego. Jednakowoż gleby pochodzenia

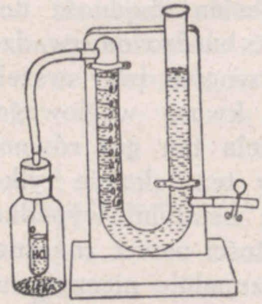
dolomitowego na obszarze ziem naszych występują w tak ograniczonych rozmiarach, że praktycznie wypadki takie zdarzać się prawie nie będą.

Jeśli chcemy próbę na zawartość węglanów w glebie przeprowadzić ilościowo to w tym celu posługiwać się można kilkoma metodami.

c) Sposób najprostszy, ale jednocześnie nie zbyt dokładny, polega na zmierzeniu obojętności dwutlenku węgla wydzielonego z gleby pod działaniem na nią kwasem solnym w aparacie P a s s o n a.

Ilościowe oznaczanie węglanów w glebie

Aparat jest tak skonstruowany i skalibrowany, że przy użyciu do badania 20 gr. gleby uzyskujemy przez odczytanie na skali zaznaczonej na jednym z ramion *U*-rurki bezpośredni rezultat badania wyrażony w $^0/_0$ $CaCO_3$ w glebie. Aparat ten z tego względu zasługuje na wzmiankę, że z powodu swej prostoty i taniości może być stosowany dla badań orjentacyjnych bezpośrednio w polu. Może on być również używanym przez praktyków rolnych. Do każdego aparatu dołączony jest zazwyczaj sposób użycia, które nie wymaga żadnych urządzeń pracownianych. Dokładniej mierzymy wydzielony bezwodnik kwasu węglowego używając aparatu S c h e i b l e r a, opartego na tej samej zasadzie co i aparat P a s s o n a.



Rysunek 11.

d) Istnieje jeszcze cały szereg innych metod oznaczania węglanu wapnia w glebie, a więc oznaczanie przez bezpośrednie ważenie strat CO_2 po zadaniu zważonej próbki gleby znaną ilością kwasu, oznaczanie przez miareczkowanie mianowanemi roztworami kwa-

sów, oznaczania przez wygotowanie z azotanem amonu lub chlorkiem amonu (Stutzer-Hartleb) i t. d.

Za pomocą różnych tych metod możemy z dowolną dokładnością oznaczać ilości węglanu wapnia w glebie.

Celowość takich oznaczeń zachodzących zawsze przy pewnej większej zawartości węglanów w glebie, nie zawsze zdarza się przy ilościach węglanów bardzo nieznacznych.

Stwierdzenie braku węglanów, względnie ich bardzo niewielkiej zawartości, wprawdzie jest cenną wiadomością o charakterze i własnościach danej gleby, jednakowoż samo przez się nie wystarcza, by na tej tylko podstawie wysnuwać wnioski o całokształcie tych procesów, które w glebie wywołują różne połączenia wapienne, między innemi węglan i dwuwęglan wapnia.

Stutzer uważając, że węglan i dwuwęglan wapnia odgrywają najważniejszą rolę w procesach oddziaływania wapnia na własności glebowe, uważa, że gleby o mniejszej zawartości niż 0,25% wymagają wapnowania, oraz że gleby o zawartości powyżej 0,4 do 0,5% w wyjątkowych tylko wypadkach — w razie bardzo niekorzystnych własności fizykalnych u gleb bardzo drobnoziarnistych, będą reagowały na wapnowanie. Normalnie zaś uważa Stutzer 0,5% węglanu wapnia jako gwarantującą zbędność wapnowania.

II. Z metod opartych na oznaczaniu stanu nienasycenia gleb wymienić należy:

a) metoda Hutchinson-Mac Lennan'a.

Zasada: Gleby kwaśne mają zdolność absorbowania wapnia z roztworów dwuwęglanu wapnia. Gleby obojętne z takiego roztworu wapnia nie absorbują. Metoda Hutchinson — Mac Lennan'a

Gleby alkaliczne powodują zwiększenie koncentracji wapnia w pierwotnym płynie.

Wykonanie: Wprowadzamy 150 gr przesianej, suchej gleby do kolby na 500 cm^3 i dodajemy 300 cm^3 miareczkowanego roztworu (1/50 *n*) dwuwęglanu wapnia. Uprzednio usuwamy z kolby powietrze strumieniem CO_2, aby w czasie oznaczenia nie nastąpiła dysocjacja dwuwęglanu.

Kolbę dobrze korkujemy i wytrząsamy w ciągu 3 godzin na mieszadle mechanicznem, albo 4 godziny od czasu do czasu ręcznie. Sączymy i w 20 cm^3 (odpowiadających 10 gr gleby) oznaczamy stężenie dwuwęglanu wapnia. Przez różnicę wnioskujemy o ilości zaadsorbowanego wapnia. Rezultaty wyrażamy jako *CaO* w odniesieniu do 1 kg gleby. Liczby te pozwalają w przybliżeniu oznaczyć minimalną ilość wapna potrzebną do nasycenia bezwapiennej gleby.

Metoda jest o tyle czuła, że u gleb bardzo słabo alkalicznych, np. zawierających 0,5% węglanu wapnia nie tylko, że nie będzie adsorbcji *Cu* z dwuwęglanu, ale nawet nastąpi przejście pewnych ilości *Ca* z gleby do roztworu i wskutek tego stężenie końcowe użytego do oznaczenia roztworu dwuwęglanu w końcu doświadczenia wzrośnie.

Obliczenie ilości wapna na ha na podstawie tej metody: Jeśli wynik dla danej gleby wypadł np. 0,75 gr *CaO* na 1 kg (= 0,75‰) trzeba będzie do zobojętnienia (nasycenia) 1 tonny gleby 0,75 kg *CaO*. Przyjmując ciężar gatunkowy pozorny gleby 1,25 i grubość warstwy glebowej, którą chcemy zwapnować na 20 cm, otrzymamy, że na 1 ha warstwa ta ważyć będzie 2500 tonn.

$0,75 \times 2500 = 1875$ kg $CaO = 3350$ kg $CaCO_3$ na 1 ha.

Oznaczenia odczynu gleb

III. Grupa metod opartych na oznaczeniu odczynu gleby.

Od dłuższego czasu usiłowania wielu chemików rolnych zajmujących się kwestją wapnowania gleb, szły w tym kierunku by oznaczać ich odczyn i na podstawie znalezionego stopnia zakwaszania gleby wyliczyć ilości wapna potrzebnego do zobojętnienia odczynu.

Jakkolwiek kwestja oznaczania odczynu wogóle należała zawsze do jednego z najprostszych oznaczeń chemicznych, to w wypadku badania odczynu roztworów glebowych napotkano na tak liczne trudności, z racji stałego oddziaływania na roztwory glebowe części stałych i gazowych gleb, z racji przebiegających procesów biologicznych w glebach, oraz z racji niesłychanie skomplikowanej i w wielu bardzo wypadkach nieznanej konstytucji składników glebowych, że w ostatnich dopiero czasach próby ustalenia metod badania odczynu gleb uwieńczone zostały skutkiem pomyślnym.

Dziś rozporządzamy szeregiem dobrze opracowanych metod, które pozwalają w stosunkowo prosty sposób poznać nie tylko odczyn gleb istotnie w danym momencie występujący, ale również i orjentować się co do właściwych dla danej gleby cech, mogących wpływać na utrzymywanie lub zmienianie jej odczynu, oraz w jakim kierunku zmiany te w różnych wypadkach zachodzić będą.

Szczegółowsze omówienie podstaw i sposobów przeprowadzania takich oznaczeń pomijamy tutaj, ograniczając się na przytoczeniu niektórych tylko z tych metod, które dla celów badania potrzeb wapnowania mogą być w wielu wypadkach użytecznemi.

Trzeba jednak przy stosowaniu tych metod mieć na uwadze szereg momentów. Przedewszystkiem podkreślić trzeba, że oznaczenie odczynu i znalezienie np. pewnego stopnia zakwaszenia gleb, który uznamy za niekorzystny dla rozwoju roślinności i dla tego przeprowadzimy wapnowanie dla zobojętnienia znale-

żionej kwasoty, bynajmniej nie będzie stanowić, czy dodane ilości wapna znajdują się obecnie w glebie w optymum, lub czy wogóle są dla gleby wystarczające.

Zniesienie nadmiernej kwasoty glebowej przez przeprowadzone wapnowanie usuwa tylko jedną z niekorzystnych właściwości gleb odwapnionych. Ilości wapna wystarczające na zmianę odczynu z kwaśnego na obojętny, lub nawet alkaliczny, bardzo często mogą nie wystarczać na spowodowanie w glebie tych różnorodnych procesów, jakie wywołuje w glebach wapnowanie. W tem rozumieniu powiedzieć musimy, że przez zbadanie odczynu gleb mamy możność ilościowego takiego unormowania wapnowania danej gleby, by wywołać w niej pożądaną zmianę odczynu. Zauważyć dalej należy przy oznaczaniu odczynu gleb różnych, że wartość produkcyjna danych gleb, o tem samem nawet stężeniu w nich kwasów, lub wogóle o tym samym odczynie, może być bardzo różną. Efekt biologiczny pewnego stanu zakwaszenia różnych gleb może być bardzo różnym, zależnym od ogółu innych własności glebowych. Gleba gliniasta o pewnej kwasocie w sposób inny oddziaływać może niekorzystnie na rozwój na niej roślinności, niż będzie to miało miejsce u gleby piaszczystej, o tym samym stopniu zakwaszenia.

Mieć trzeba również na uwadze, że zbadanie obecnego tylko odczynu gleb nie wystarcza jeszcze na wyliczenie ilości wapna potrzebnego do zobojętnienia ewentualnej kwasoty. Gliniaste i próchniczne składniki gleb posiadają bowiem własności zarówno zasadowe jak i kwasowe; powoduje to, że po dodaniu do takiej gleby zasady lub kwasu, odczyn nie zmienia się w tym stopniu, jak to wypływałoby z ilości dodanego odczynnika, a zmniejsza się w stopniu znacznie mniejszym. Gliniaste i próchniczne gleby kwaśne muszą mieć z tego powodu dodane znacznie więcej wapna celem zobojęt-

nienia ich odczynu, niż by to miało miejsce u gleb bezpróchnicznych, piaszczystych, o tym samym stopniu zakwaszenia. Jednem słowem związki gliniaste i próchniczne przeciwstawiają się zmianie ich odczynu. Ma to swoje niezmiernie ważne znaczenię, chroniąc gleby przed szybkiemi zmianami odczynu przy wysychaniu gleb, po deszczach i t. p., co byłoby niekorzystnem dla rozwoju roślinności narażonej na wzrost w zmieniających się łatwo warunkach. Te własności powodujące normowanie odczynu gleb nazwano ich własnościami regulującemi. Gleby gliniaste i próchniczne mają więc wysokie własności regulujące, glebom piaszczystym swoiste są nieznaczne te własności. Wynika z tego, że po oznaczeniu odczynu jakiejś kwaśnej gleby piaszczystej jesteśmy w możności łatwiej obliczyć ilości wapna potrzebnego do sprowadzenia odczynu do stanu obojętnego. W razie kwaśnych gleb gliniastych i próchnicznych ilości wapna w ten sposób obliczone byłyby niewystarczające. U takich gleb musimy dodać wapna tyle, by pokonać ich własności regulujące.

Dawniejsza obserwacja W e i l b u l l a o konieczności stosowania większych dawek wapna na glebach humusowych, niż na glebach bezpróchnicznych w ten sposób nowszemi metodami została wyjaśniona.

Aby zorjentować się, jakie są konieczne ilości wapna do przezwyciężenia własności regulujących gleb i sprowadzenia odczynu do pewnego pożądanego stanu, należy poprostu do szeregu próbek glebowych dodawać wzrastające dawki wapna i zbadać przy jakiej występuje odczyn obojętny. Uskuteczniamy to metodą A r r h e n i u s a, zmodyfikowaną następnie przez L a r s e n a:

Metoda Arrhęnius — Larsena

a) Do szeregu probówek umieszczamy po kilka gramów danej kwaśnej gleby (20 gr gleby piaszczystej, 10 gr gleby giniastej, 5 gr próchnicznej). Dodajemy na-

stępnie do probówek kolejno po 10, 5, 2, 1, 0 cm^3 wodorotlenku wapnia o znanej normalności.

Dopełniamy wszystkie probówki wodą destylowaną do 20 cm^3, silnie wstrząsamy i pozostawiamy do dnia następnego. Po upływie tego czasu łączymy ze sobą za pomocą korków gumowych i rurek probówki w ten sposób, by można było przepuszczać przez wszystkie łagodny strumień bezwodnika węglowego.

Za ostatnią probówką z zawiesiną badanej gleby umieszczamy probówkę wypełnioną n/100 wodorotlenkiem wapnia, do którego dodano kilka kropli czerwieni fenolowej.

Przepuszczanie bezwodnika kwasu węglowego uskutecznia się tak długo, póki nie nastąpi zabarwienie płynu w tej ostatniej probówce na żółto. Wtedy zamyka się dostęp bezwodnika i przepuszcza w ten sam sposób przez wszystkie probówki powietrze wolne od dwutlenku węgla zanim nie zjawi się w kolbie z czerwienią fenolową pierwotne różowe zabarwienie.

Wtedy oznaczamy odczyn w każdej probówce. Przerachowujemy każdy wynik w cm^3 0,1 n ługu, w odniesieniu do 1 gr suchej substancji gleby.

Na podstawie tych danych rysujemy „krzywe miareczkowania" zaznaczając na osi yy ilości cm^3 0,1 n wapiennego ługu, na 1 gr gleby, a na osi xx odpowiadające wartości *PH*. Z ilości ługu, niezbędnego do nadania glebie odczynu 7—7,5 *PH* obliczamy ilość potrzebnego wapna.

Metoda Veitch'a

Metoda powyższa jest właściwie jak gdyby uproszczoną formą stosowanej szeroko w Ameryce metody Veitch'a.

Podstawą tej metody jest: działać na glebę wodą wapienną i znaleźć najmniejszą jej ilość niezbędną do

zobojętnienia kwasów glebowych. Postępowanie jest pokrótce następujące: Szereg próbek gleby po 10 gr umieszcza się w szalkach platynowych, zalewa się wzrastającemi znanemi ilościami wody wapiennej, — zawartość odparowuje się do suchości, ługuje w ciągu dnia 100 cm^3 wody destylowanej i po odsączeniu próbuje się fenolftaleiną na gorąco, w której próbce dodano nadmiar wapna.

Za pomocą tej metody obrachować możemy więc dokładnie tę ilość wapna, jaką trzeba dodać do gleby, aby jej odczyn z kwaśnego zamienić na obojętny lub słabo alkaliczny.

Używając tych samych sposobów mierzenia odczynu może się wyznaczyć obecny odczyn badanej gleby, jak również odczyn, jaki przybrać może gleba pod działaniem na nią soli — czyli tak zwany odczyn wymienny. Jakkolwiek użycie barwików może być stosowane przy takich pomiarach, to wszakże najracjonalniejszem wydaje się stosowanie zawsze pomiarów potencjometrycznych. Wyniki są wtedy wolne od pewnych przyczyn błędów indywidualnych poszczególnych badań, jak również łatwiej jest temi sposobami unikanie błędów metodycznych wogóle. Wydaje się możliwem, przy dzisiejszem stanie opracowania aparatury, nawet pomiary polowe przeprowadzać sposobami potencjometrycznemi, używając jako elektrody wodorowej wprowadzonej przez Biilmanna chinhydronowej elektrody, w połączeniu jej z łatwo przenośnemi i wygodnemi w użyciu potencjometrami, których obecnie dostarczają różne firmy.

Jeśli chodzi o przybliżone, orientacyjne badania, które można szybko i w dużej ilości przeprowadzać bezpośrednio w polu, to pewne usługi oddaje metoda Metoda Comber'a

7*

Combera, mogąca być również używaną przez praktycznych rolników.

Podstawą tej metody jest ujawnianie jonów żelaza, które według Combera, znajdują się w kwaśnych glebach w ilościach zależnych od stopnia kwasoty glebowej. Jony żelaza ujawniamy przez dodawanie rodanku potasu, który barwi się od nich na kolor czerwony. Ujemną jej stroną jest to, że nie można jej stosować do gleb silnie próchnicznych, a także do gleb w stanie za wilgotnym.

b) Metoda Combera.

I. Roztwór — Bezbarwny 4% roztwór *KCNS* w 95% alkoholu.

II. Roztwór — I. zabarwiony na czerwono chlorkiem żelaza (61 mg Fe_2O_3 na 1 litr).

Wykonanie: 2—3 gr gleby wytrząsa się w probówce z 5 cm^3 roztworu I.

Po odstaniu obserwuje się zabarwienie.

Gleba	silnie kwaśna	4—5	ciemno-czerwona
„	kwaśna	5	czerwona
„	słabo kwaśna	5—6	blado-czerwona-róż:
„	bardzo słabo kwaśna	6—6,5	jasno-róż.- bezbarw.
„	minimalnie kwaśna	6,5—7,0	
„	obojętna	7	bezbarwna
„	alkaliczna	więcej niż 7	

W razie odczynu powyżej 6,5 należy ponownie 2—3 gr gleby wytrząsać z roztworem II.

Jeżeli płyn odbarwia się zaraz — odczyn jest wyraźnie alkaliczny (*PH* więcej niż 7).

Jeżeli płyn pozostaje zabarwiony po 16—24 godzinach to:

b) słabo różowe zabarwienie
(prawie bezbarwne) . . . . $PH = 7$
słabo różowe . . . . $PH = 6{,}5 - 7$
różowo-czerwone . . . . . $PH = 6{,}0 - 6{,}5$.

W dalszej modyfikacji swej używa Comber także 5°/₀ wodnego roztworu salicylanu sodu.

Jeśli gleba wytrząsana z tym roztworem po 5 minutach barwi go na żółto, lub brunatno-czerwono, to odczyn jest obojętny; gleby kwaśne barwią roztwór salicylanu na fioletowo.

W metodzie tej, jak wogóle we wszystkich obecnych metodach oznaczania odczynu, wyraża się go symbolem *PH*.

Ma to swoją dużą dogodność zwłaszcza przy zestawieniach graficznych, mających uwidocznić zależność pewnych procesów od odczynu. Jednakowoż w praktyce wprowadzenie tej wielkości powoduje często wiele nieporozumień, wynikających z wyrażania odczynu zamiast w istotnym stężeniu jonów wodorowych, logarytmem liczby wyrażającej to stężenie (*PH*). Dlatego też jest niezbędnem poza wyrażaniem odczynu roztworów glebowych symbolem *PH* — także podawanie liczb absolutnych stężenia jonów wodorowych, odpowiadających danej wartości *PH*.

Oznaczenie kwasoty całkowitej

Niektórzy autorzy usiłowali na podstawie oznaczania całkowitej kwasoty wypracować metody któreby były podstawą normowania ilości wapna na jednostkę powierzchni danej gleby.

Do takich metod między innemi zaliczyć trzeba metodę Hapkins'a, Knox'a i Petit'a, opartą na miareczkowaniu kwasu powstającego w glebie pod działaniem na nią chlorku sodu. Zasadą tych metod jest uwolnienie wolnych kwasów mineralnych na skutek oddziaływania na niektóre związki *Fe* i *Al* chlorkami, co wywołuje formowanie się, ulegających hydrolizie z wydzieleniem kwasu solnego, chlorków glinu i żelaza, poza tem dodane chlorki wchodzą w reakcję z kwasami próchnicznemi, co związane jest z wydzielaniem kwasu mineralnego.

Metoda Daikuhara

c) Daikuhara opracował metodę analogiczną. Wykonanie jest następujące: Wytrząsa się 100 gr. gleby z 250 cm^3 n roztworu chlorku potasu w ciągu jednej godziny.

Pozostawia się kolby w spokoju póki płyn zupełnie nie sklaruje. Pobiera się pipetą 125 cm^3 do (pierwszego) miareczkowania 0,1 ługiem sodowym. (Wskaźnik fenolftaleina).

W miejsce odebranych 125 cm^3 płynu dodaje się świeżego normalnego roztworu chlorku potasu — znów wytrząsa jedną godzinę i jak uprzednio pobiera 125 cm^3 klarownego płynu do miareczkowania (drugiego). W ten sposób powinno właściwie postępować się tak długo, póki nie skonstatuje się, że niema kwasu w płynie.

Praktycznie byłoby to nader uciążliwem, a jest niekoniecznem w przeprowadzeniu do końca, ponieważ zmniejszanie się kwasowości ciągle odnawianego płynu postępuje zupełnie regularnie. To pozwoliło ustalić wzór na określenie całkowitej kwasoty, na podstawie tylko pierwszych dwóch miareczkowań.

Wzór ten jest:

$$S = 2\left(J_1 + \frac{A_1}{1 - K}\right)$$

gdzie S oznacza poszukiwaną kwasotę

J_1 „ pierwsze miareczkowanie 125 cm^3 roztworu, wyrażone w cm^3 0,1 n $NaOH$.

$A_1 = J_2 - \frac{1}{2} J_1$ a więc = drugiemu miareczkowaniu (J_2) zmniejszonemu o połowę wartości pierwszego miareczkowania.

$$K = \frac{A_2}{A_1} = \frac{A_3}{A_2} = 0{,}85 \text{ (konst.)}$$

K jest to stała wynikająca z ilorazu $A_2 : A_1 : A_3 : A_2$ itd. przyjmuje się, że średnio $K = 0{,}85$.

Aby jeszcze więcej uprościć postępowanie, co w zupełności wystarcza dla celów praktycznych, wynik pierwszego miareczkowania mnożymy przez 3 do 3,5 i w ten sposób uzyskujemy wielkość S (całkowitą kwasotę) wyrażoną w cm^3 0,1 n ługu.

$S = J_1 \times 3$ do 3,5.

Przykład: pierwsze miareczkowanie $J_1 = 6{,}5$
drugie miareczkowanie $J_2 = 4{,}0$

$$S = 2\left(6{,}5 + \frac{4{,}0 - \frac{6{,}5}{2}}{0{,}15}\right) = 23{,}00.$$

Albo tylko na podstawie pierwszego miareczkowania praktycznie

$$S = 6{,}5 \times 3 \quad = 19{,}5$$
$$S = 6{,}5 \times 3{,}5 = 22{,}75$$

Z tej wielkości jest łatwo obliczyć ilość wapna potrzebnego do zobojętnienia całkowitej kwasoty w glebie, ponieważ: 1 cm^3 całkowitej kwasoty odpowiada 5 mg $CaCO_3$ (= 1 cm^3 0,1 n $CaCO_3$). Jeśli przyjmiemy wagę 1 litra gleby = 1500 gr, to ilość gleby na 1 ha do 25 cm głębokości wypadnie 3,750,000 kg.

Jeśli na 100 gr gleby dla zobojętnienia 1 cm^3 całkowitej kwasoty trzeba 5 mg $CaCO_3$, to na 1 ha trzeba 1,87 centnara $CaCO_3$, na każdy cm^3 całkowitej kwasoty.

Jeśli np. S jakiejś gleby wynosi 22 cm^3 0,1 n $NaOH$, to ilość wapna potrzebnego na 1 ha dla zupełnego zobojętnienia kwasoty wynosi $22 \times 1{,}87 = 41$ centn. czystego $CaCO_3$.

Można też przytoczyć stosowaną dość często metodę Jones'a:

Wykonanie: Umieszcza się 5,6 gr gleby w kolbie 200 cm^3, dodając 0,5 mgr octanu wapniowego i 150 cm^3 wody destylowanej. Miesza się starannie w ciągu 15 minut. Dopełnia się objętość do 200 cm^3, miesza sta- Metoda Jones'a

rannie i sączy. Pierwsze 10—15 cm^3 płynu zostaje odrzucone, ponieważ jest mętne, 100 cm^3 klarownego przesączu miareczkuje się 0,1 *n* $NaOH$ przy użyciu fenolftaleiny.

Wynik pomnożony przez 2 daje ilość cm^3 0,1 *n* $NaOH$ wymaganego do zobojętnienia kwasu octowego 200 cm^3 roztworu.

Ta liczba razy czynnik 1,8 — razy 1000 — równa się ilości funtów CaO wymaganego przez 2,000,000 funtów danej gleby.

Korektura na miareczkowanie czystego roztworu 0,5 mgr octanu wapnia, nie powinna przekraczać 0,2 cm^3 0,1 *n* *Na oH*.

Inne metody oznaczania odczynu gleb

Z innych metod oznaczania odczynu glebowego wspomnieć należy o szeroko do niedawna stosowanej metodzie Tacke'go, wypracowanej specjalnie dla gleb torfowych, a opartej na mierzeniu ilości bezwodnika kwasu węglowego, wydzielonego z gleby pod działaniem na nią drobnej zawiesiny kredy szlamowanej. Bezwodnik kwasu węglowego ma wydzielać się na skutek rozkładu węglanu wapnia przez wolne kwasy glebowe — w rzeczywistości zaś wydzielanie zachodzi w pewnej mierze także na skutek rozkładu niekwaśnych nawet organicznych połączeń. Obarcza to metodę pewnemi błędami. Pozatem przyczyną niedokładności w tej metodzie może być również i to, że część wydzielonego dwutlenku węgla nie wydziela się na zewnątrz, a uformuje dwuwęglan wapnia. Niedogodności powyższe metody Tacke'go starali się usunąć przez przeprowadzenie poprawek i udoskonaleń Süchting, Ramann, Wheeler, Hartwell i Saryent.

Istnieje pozatem cały szereg najróżnorodniejszych metod proponowanych do badania odczynu gleby. Wprowadzenie jednakowoż metod potencjometrycznych, które są dokładne, dogodne w wykonaniu i szybkie co-

raz więcej wypiera inne metody, stając się metodą uniwersalną. Zasadniczą różnicą metod potencjometrycznych, czy kolorymetrycznych, w odróżnieniu od metod opartych na miareczkowaniu jest to, że przy pierwszych pomiarach oznaczamy istotne stężenie jonów wodorowych, czyli odczyn taki, jaki w danym momencie panował w próbce badanej gleby. Natomiast przy miareczkowaniu wyciągów, czy zawiesin glebowych, określamy nie tylko wolne, kwaśne połączenia, lecz jednocześnie oznaczamy te ilości substancji kwaśnych, które przechodzą do roztworu po zobojętnieniu w nim dotychczas znajdujących się kwaśnych związków, na skutek naruszenia równowagi, a także ostateczny wynik miareczkowania zawierać w sobie będzie również i te ilości zasad, które w czasie miareczkowania uległy sorbcji przez składniki glebowe. Jak widzimy z omówienia wszystkich powyżej przytoczonych metod, żadna z nich nie daje nam absolutnie dokładnej odpowiedzi, co do potrzeb wapnowania, oraz ilości wapna niezbędnego na jednostkę powierzchni danej gleby. Stoi to w przyczynowym związku z różnorodnością przemian, jakie zachodzić mogą w glebie pod wpływem wapna. Każdy z poszczególnych omówionych sposobów daje nam częściową tylko odpowiedź, co do konieczności, lub nie, wapnowania ze względu na jedną lub kilka przyczyn wywołanych w glebie przez brak wapna. Aby więc móc na podstawie obecnych metod wnioskować o całkowitej ilości wapna, którąby wszystkie procesy ulegać mu mogące doprowadziła do stanu, przy którym produktywność danej gleby niezależną byłaby od minimum warunkowanego zawartością wapna w glebie, nie możemy przy badaniach naszych ograniczać się do przeprowadzenia jakiejś jednej próby, a należy wykonać tych prób szereg, by odpowiedź otrzymana przez każdą z oddzielna, co do pewnej kategorji przejawów zacho-

dzących w glebie na skutek wapnowania, w sumie dawała nam możliwie kompletny obraz stosunków panujących w danej glebie ze względu na jej zasoby w wapno.

Duńczycy, którzy od kilku lat kwestją wapnowania swych pól zajmują się nader starannie i którzy rozporządzają już z tego powodu dość obfitym materjałem prób i znacznem doświadczeniem w przeprowadzaniu ich, badania co do wapnowania przeprowadzają jednocześnie w pracowni i bezpośrednio w polu.

W pracowni wykonywane są z reguły próby: próba z kwasem solnym, oznaczanie odczynu, oznaczanie czynnego wapnia, oraz próba na azotobaktera.

Na podstawie wyników tych prób bezpośrednio już w polu, po rozpatrzeniu się w warunkach zalegania danej roli, w jej morfologicznych i fizycznych cechach i t. p. wprowadza się niekiedy pewne dodatkowe dawki wapnowania, poza temi które ustalono już na podstawie oznaczeń w pracowni.

Środki, jakimi rozporządzamy przy przeprowadzeniu wapnowania są to odpowiednio przerobione naturalne wapienie w różnych formach. Na szerszą skalę stosowane bywają następujące produkty: węglan wapnia w postaci mielonych skał wapiennych, w postaci suszonego wapna łąkowego, w postaci różnorodnych marglów, wapna saturacyjnego — dalej wapno palone, względnie gaszone. W znacznie mniejszych ilościach stosowanem bywa miejscami, w zależności od lokalnych przemysłów, wapno odpadkowe z garbarni oraz z mydlarni.

Zanim przejdziemy do omówienia wymienionych poszczególnych produktów zwrócić trzeba uwagę, że niejednokrotnie dla celów wapnowania proponowano użycie gipsu.

Gipsowanie

Jak już ubocznie wspominaliśmy uprzednio i widocznem było, że wapień podany w tej formie niekiedy nietylko, że nie wywołuje pożądanych rezultatów, jakie

normalnie dają węglan lub tlenek wapnia, ale nawet w wielu wypadkach oddziaływać może szkodliwie na wzrost roślin.

Wypadki takie zachodzić będą na glebach kwaśnych, adsorbcyjnie nienasyconych, gdzie koniecznem jest wysycenie zasadą związków nienasyconych. Przy użyciu gipsu wysycenie następuje z jednoczesnem uwolnieniem mocnego kwasu siarkowego i przez to samo może ujemnie wpływać na rozwój roślinności. Pozatem nawet w wypadku gleb takich, na których oddziaływanie jonów SO_4 nie występowałoby ujemnie, działanie gipsowania nie będzie mogło przejawić się w sposób dodatni dla wszystkich tych procesów glebowych, które wymagały do swego pobudzenia oraz przyspieszenia związków zasadowych. A więc całokształt procesów mikrobiologicznych gleby, wzmożenie czynności gleby, zaakcentowanie procesów amonifikacji, nitrifikacji, utrwalania azotu elementarnego i t. p. — nie może dodatnio ulegać wpływom gipsowania.

Tylko w niektórych razach, gdzie nie chodzi o wzmożenie mikrobiologicznych procesów, a zależy na zwiększeniu ilości wapnia, jako składnika wywołującego pewne zgruźlenie gleby, konstatowano dodatni wpływ gipsowania pod niektóre motylkowe. Wypadki takie zachodzą w praktyce niepomiernie rzadziej, niż występowanie konieczności wapnowania formami zasadowemi wapnia. Pozatem, zważywszy, że nawet przy dodatniem oddziaływaniu gipsowania, zastąpionem być może ono z korzyścią przez wapnowanie, oraz, że gips ulega łatwiej wymywaniu z gleby niż wapno podane w formie węglanu, przychodzimy do wniosku, że lepiej i bezpieczniej jest przeprowadzać zawsze wapnowanie, używając węglanu, lub wapna palonego.

Wapno palone odpadkowe

Dla celów praktyki rolniczej przez długi czas używano palonego wapna w postaci produktów odpadko-

wych, otrzymywanych przy wypalaniu wapna dla celów przemysłowo-technicznych. W tej formie palone wapno sprzedawanem było rolnikom w postaci odłamków i okruchów różnej wielkości. W skutek tego nie można było rozsypywać podobnego produktu bezpośrednio w polu z racji niemożności równomiernego rozmieszczenia go w roli. Większe kawałki powodowałyby miejscami wypalenie roślin, z powodu nadmiaru wapna, a jednocześnie byłoby wiele miejsc, na których by ono wcale się nie dostało, nawet przy użyciu wysokich dawek na jednostkę powierzchni.

Koniecznem więc było przed rozsianiem podać produkt rozkruszeniu, co zachodzi najłatwiej przy procesie gaszenia wapna palonego. Postępować można w różny sposób. Można palone wapno odpadkowe rozwieźć w pole i złożyć je tam w małe stosy po całem polu w ten sposób, by podobnie jak przy wywożeniu obornika, następnie łatwo je było równomiernie na polu rozmieść. Jeśli rozwiezienie w małe stosy jest z jakichkolwiek powodów utrudnione, to można składać wapno w wielkie stosy bezpośrednio obok pola, które ma być wapnowanem. Zarówno duże i małe stosy obsypuje się ziemią, tak by warstwa jej wynosiła ca 20 cm i nie dopuściła do zbytniego namakania wapna w stosach. Wilgoć stopniowo dochodząca do stosu z przykrywającą go ziemią gasi wapno, które się rozsypuje na drobny proszek. Chodzi o to, by ilość wody nie była tak wielką, by z tego suchego proszku, który jest bardzo łatwo następnie rozrzucić równomiernie po polu, nie utworzyła się mazista masa, której nie można by już było równomiernie rozsiewać, a która powodowała by miejscami silne zbrylanie się ziemi. Przykrycie ziemią stosów ma również na celu odcięcie dostępu powietrza i nie dopuszczenie do przejścia wapna gaszonego ($Ca(OH)_2$) w formę mniej czynną, węglan wapniowy ($CaCO_3$).

Pod ochronną warstwą gleby stosy wapna leżeć mogą nawet przez zimę i tylko niewielka zewnętrzna warstwa wapna uledz może procesowi nasycenia się dwutlenkiem węgla.

Jeśli zamierzamy na ha dać 20 centnarów wapna palonego, to rozmieszczenie stosów 20 kilogramowych, licząc 1 stos na arze, wypadnie co 10 metrów. Jeśli z jakichkolwiek względów korzystniejszem jest szybsze zwapnowanie roli i nie ma czasu na powolne gaszenie go w opisany powyżej sposób w stosach, to uskutecznia się to, gasząc wapno palone sposobem szybkim, bezpośrednio w polu, które ma być wapnowanem przez polewanie wapna palonego wodą w takich ilościach, by gaszone wapno formowało się jako suchy proszek. Niekiedy w celu gaszenia umieszcza się wapno palone w koszach i pogrąża je na pewien czas w wodzie, póki nie nastąpi dostateczne rozsypanie się kawałków wapna palonego.

Trzeba zwracać zawsze uwagę, by samo rozsiewanie gaszonego wapna przeprowadzać przy suchej, bezwietrznej pogodzie. Wprowadzanie wapna do zbyt wilgotnej roli, powodować może niemożność dostatecznie dobrego przemieszania go następnie z ziemią, oraz zlepianie się w poszczególnych miejscach większych brył ziemi w spoiste grudy. Po rozsianiu wapna należy go możliwie szybko przemieszać z ziemią przez dobre bronowanie. O skuteczności zastosowanego w ten sposób wapna palonego odpadkowego decyduje jakość użytego produktu.

Wartość zaś samego odpadkowego wapna palonego zależną jest od zawartości w niem czynnego wapna, czyli tlenku wapnia, oraz od charakteru domieszek. O zawartości tlenku wapnia decyduje zwykle, poza jakością skały wapiennej służącej do wypalania, czas, który upłynął od chwili wypalenia, do czasu zużycia

wapna w roli. Świeżo wypalony produkt zawiera wapno przeważnie w formie tlenku, który w miarę przechowywania ulegać może przemianom w węglan, względnie wodorotlenek.

Przy całkowitem przejściu w formę węglanu przyrost na wadze na skutek wchłonięcia dwutlenku węgla wynosiłby na każde 100 kg wapna palonego ca. 78 kg — czyli, że przy sprowadzeniu takiego produktu tracilibyśmy na transporcie, na ilości czynnego związku, na robociźnie zwiększonej przy konieczności nawożenia i rozrzucania większych mas po polu, a wreszcie na samym efekcie przeprowadzonego wapnowania, który mógłby być mniejszy, niż by wypadł przy zastosowaniu produktu świeżo wypalonego o największej zawartości tlenku wapnia.

Prócz powyższych warunków, stanowiących o wartości odpadkowego miału wapiennego, w pewnym stopniu zależną jest ona także od sposobu wypalania wapienia. Zbyt silne przepalenie, powodujące zeszklenie, obniża wartość wapna. Domieszki z pozostałości spalonego węgla obniżają wartość nietylko jako bezwartościowy balast, ale również jako niekiedy szkodliwe dla rozwoju roślin.

Mielone wapno palone

Aby uniknąć niedogodności związanych z koniecznością lasowania odpadkowego wapna palonego, celem przeprowadzenia go w stan należytego rozdrobnienia, któreby umożliwiło równomierne rozsiewanie tego nawozu oraz jego energiczne działanie na cząsteczki glebowe, wprowadzono w użycie dla celów rolniczych wapno palone mielone. Mielone wapno palone przygotowywanem jest w sposób, który umożliwia rozsiewanie go zapomocą maszyn używanych do rozsiewania innych nawozów pomocniczych, bez uprzedniego lasowania. Jest to więc o tyle drobno zmielone wapno

palone, że rozsiew na polu może być uskutecznionym bardzo równomiernie i że rozkład rozsianych wapiennych cząstek w ziemi następować będzie szybko, bez nagromadzenia w pewnych miejscach większych stężeń wapna gaszonego, czy węglanu wapnia. W zasadzie cele te osiągnąć można tem lepiej, im wapno jest drobniej zmielone. W użyciu jednakowoż okazuje się praktycznem niedopuszczanie do zbytniego rozproszkowania produktu w młynach do mielenia, ponieważ zbyt drobny miał wapienny powoduje silne pylenie przy rozsiewaniu, co nader utrudnia wykonywanie tej roboty. Trzeba więc poprzestać na takim stopniu zmielenia wapna palonego, któryby przy rozsiewaniu nie wywoływał nadmiernego pylenia, a był przytem dostatecznie drobnym, by przy rozkładzie w glebie cząstek wapiennych zadziaływać mógł możliwie jednostajnie na całą masę glebową, z którą zostanie zmieszany. W podobny sposób przygotowane palone wapno mielone w formie drobnego grysiku, jest uniwersalnym środkiem wapnowania pól, przydatnym we wszystkich wypadkach i zabezpieczającym szereg korzyści przy użyciu tego środka. Taka wszechstronna przydatność mielonego wapna palonego polega na korzystnych jego własnościach.

Różnica oddziaływania wapna palonego i węglanu wapnia

Zauważyć przedewszystkiem trzeba, że palone wapno wogóle jest formą wapna najwięcej energiczną, bo procentowo najbogatszą w składnik czynny, tlenek wapnia. Wszelkie procesy glebowe, na które wapnowanie wywiera, jak widać z poprzednich rozpatrywań, wieloraki dodatni wpływ, najsilniej ulegają reakcji pod wpływem tlenku wapnia, czyli wapna palonego. Polega to na tem, że tlenek wapnia jest formą bardzo ruchliwą, gwałtownie wchodzącą w reakcje z masą glebową, przechodząc stopniowo przedewszystkiem w wodorotlenek, węglan, dwuwęglan, — w mniejszych ilościach w połączenia humusowe, krzemianowe etc.

Przejście tlenku wapnia w wodorotlenek związane jest z wydzielaniem znacznych ilości ciepła, oraz ze znacznem zwiększeniem objętości. Ma to swój dodatni bardzo wpływ przy działaniu wapna palonego na gliniaste, spoiste, części glebowe, które przy tym procesie ulegają już mechanicznemu rozluźnianiu i osuszaniu. Ma to zwłaszcza doniosłe znaczenie na ciężkich, zlewnych glebach gliniastych.

Przy użyciu, jak to miało miejsce z odpadkowem wapnem palonem, wapna gaszonego do wapnowania roli, energja samego procesu gaszenia nie obracała się na korzyść procesów glebowych, jak to widzieliśmy uprzednio i to stanowi poważny wzgląd przemawiający za wyborem przy wapnowaniu mielonego wapna palonego, a nie wapna palonego odpadkowego. Proces dalszy, zamiany gaszonego wapna, wodorotlenku wapnia, na węglan wapnia, zachodzi wprawdzie w glebie niekiedy szybko, wydawać by się więc mogło pozornie, że od momentu wytworzenia się tego związku energja i skuteczność działania wapna palonego będzie taką samą, jak w razie użycia dostatecznie zmielonego węglanu wapnia.

Spodziewać się jednakowoż można, że i w tym wypadku wszelkie możliwe przemiany przemawiają także na korzyść wapna palonego. Istotnie, wydaje się być rzeczą bardzo prawdopodobną, że formujący się w glebie z wodorotlenku wapnia węglan wapnia, pojawia się początkowo w stanie bardzo silnego rozdrobnienia, w stanie koloidalnym. W tej formie węglan wapnia dzięki swej ogromnej powierzchni zbiorowej musi znacznie energiczniejsze wywoływać przemiany, niż najdrobniej nawet zmielony w młynach węglan wapnia skał wapiennych. Wynika z tego, że palone wapno, ulegając procesom gaszenia, a następnie przejścia w formę węglanu, w dokładnem przemieszaniu z masą glebową po-

wodować w niej będzie bez porównania szybsze i głębsze przemiany, niż będzie to w stanie uczynić dodany do gleby gotowy węglan wapnia. Dalej dodać należy, że wodorotlenek wapniowy, dzięki swej znacznej rozpuszczalności oraz dzięki temu, żę jest energiczniejszą zasadą niż węglan wapnia, wywoływać może prędsze i znaczniejsze przemiany, niż ten ostatni związek.

Energja działania wapna palonego, oraz produktów jego przemian, jest tak gwałtowną, że niekiedy może to być nawet niebezpiecznem dla niektórych własności glebowych u niektórych typów gleb. Tak, naprzykład, na glebach lekkich wapno palone wywierać może antyseptyczne działanie także i na korzystne dla rozwoju roślinności drobnoustroje, zabijając je. To jest zapewne jedną z przyczyn szkodliwego niekiedy działania większych dawek wapna palonego na glebach piaszczystych pod rośliny motylkowe, które w tych warunkach źle się rozwijają, wykazując słabo zieloną barwę, wskazującą na zniszczenie przez wapnowanie bakterji brodawkowych, wiążących azot atmosferyczny. W wypadku takich gleb należy z tych względów odpowiednio zmniejszyć dawki wapna palonego, względnie przeprowadzić wapnowanie nie bezpośrednio pod rośliny motylkowe, a pod ich przedplon, np. pod zbożowe. Przy takiem postępowaniu możemy stosować wapno palone na wszelkie gleby, byleby stosować je dostatecznie ostrożnie.

Przy wszelkich kalkulacjach co do wyboru formy wapna należy mieć na uwadze, pomijając już względy specyficznych własności wapna palonego, wyróżniających je korzystnie ze wszystkich innych form wapna, to, że obliczenia powinny się opierać na porównaniu działania równoznacznych ilości tlenku wapnia zawartego czy to w formie węglanu, czy wodorotlenku, czy tlenku. Dla orjentacji podajemy, że pod względem zawartości tlenku wapnia 100 kg wapna palonego jest

równoznacznem ze 178 kg węglanu wapnia; albo, że 100 kg węglanu wapnia wywiera taki sam skutek, obliczając na zawartość wapna, co 56 kg wapna palonego.

Ma to specjalne doniosłe znaczenie praktyczne przy konieczności transportowania wapna na znaczniejsze odległości. Wtedy opłacać musimy przewóz przy użyciu węglanu wapnia prawie że dwukrotnie większy niż przy wapnie palonem, transportując w każdych 100 kg pierwszego produktu okrągło biorąc około połowę (44%) bezwodnika kwasu węglowego, zupełnie niepotrzebnie obciążającego koszta transportu, robocizny etc.

Wysiew wapna palonego mielonego

Rozsiewanie mielonego wapna palonego uskuteczniać można zapomocą maszyn do rozsiewania nawozów, a w razie konieczności bardzo szybkiego przeprowadzenia rozsiania, przy niedostatecznej ilości maszyn siewnych, można rozwozić wapno po polach wozami i rozsiewać je łopatami. Naturalnie, że i w tym wypadku, jak wogóle zawsze przy wapnowaniu, skuteczność wapnowania będzie tem lepsza im lepiej zostanie ono z glebą wymieszane, koniecznem jest więc ścisłe przestrzeganie, by nie wysiewać wapna na rolę wilgotną.

Przechowywane w suchych miejscach wapno palone bez większych strat może być magazynowanem do chwili należytego osuszenia roli. W każdym razie unikać należy zbyt długiego magazynowania, by nie następowało lasowanie i przechodzenie w węglan, ponieważ wtedy tworzyłby się produkt niejednolity, miejscami zamieniony w węglan, miejscami składający się z czystego tlenku wapnia. Przy rozsiewaniu takiego produktu równomierne rozmieszczenie będzie już niemożliwem. Prócz tego długie przechowywanie, powodujące przejście wapna palonego w węglan wapnia, wywołuje konieczność rozwożenia następnego na polach większych ilości produktu, oraz zmniejsza te korzyści, jakie ewentualnie byłyby cenne przy użyciu samego tlenku wapnia. Z tego

względu wymagać też trzeba, by kupowany produkt gwarantował określoną zawartość wolnego tlenku wapnia i kupować według tej zawartości, względnie według zawartości tlenku i węglanu wapnia przy odpowiedniem uregulowaniu cen. Mielone palone wapno przesyłane bywa w dostatecznie dogodny sposób w workach, co ułatwia następnie transport z dworca etc. Przy konieczności rozładowania wagonów i zwożenia wapna w porę deszczową jest nieodzownem przykrywanie naładowanych wozów słomą, a z wierzchu płachtami, by nie mogło następować lasowanie się wapna.

Po rozsianiu natychmiast należy dokładnie przemieszać je bronami. Ponieważ zachodzące w glebie reakcje są początkowo dość silne i przez pewien czas mogą znajdować się także energiczne zasady, mogące uszkadzać kiełkujące rośliny, przeto należy wapnowanie wapnem palonem przeprowadzać na pewien czas przed uskutecznieniem siewów ziarna. Im dawka wapna jest większa, lub im gleba jest lżejsza, tem dłużej należy odczekać z siewem po przeprowadzeniu wapnowania. Przy dobrem przemieszaniu wapna z rolą siać można po upływie kilku dni.

Zachować też trzeba pewne ostrożności przy jednoczesnem z wapnowaniem rozsiewaniu innych nawozów. Ze względu na ewentualne straty azotu, nie można rozsiewać jednocześnie wapna i siarkanu amonu, a należy przedzielić te nawozy dokładnem bronowaniem. Również nie jest wskazanem równoczesne rozsiewanie wapna z nawozami potasowemi. Zachodzi bowiem możliwość powstawania wtedy w glebie silnych bardzo zasad metali alkalicznych, co może być powodem uszkadzania roślinności. Rozdzielenie broną jest więc i w tym wypadku wskazanem. Wogóle powiedzieć można, że jest celowem i wskazanem rozsiewanie wapna bez innych nawozów, a dopiero po przebronowaniu danie

w sposób zwykły potrzebnych nawozów. Przy nawozach fosforowych wskazanem jest to, ze względu na zapobieżenie zmniejszenia rozpuszczalności fosforanów zawartych w tych nawozach, w razie bezpośredniego oddziaływania na nie wapna. Wprawdzie przy niektórych nawozach pomocniczych, jak azotniaku, saletrze, tomasynie etc. ryzyko zmniejszania skuteczności działania tych nawozów, względnie skuteczności wapnowania, przy jednoczesnem wysiewie jest bardzo nieznaczne, tem nie mniej zawsze wskazanem jest uprzednie przebronowanie wapna i dopiero wtedy danie następnego nawozu. W ten sposób osiągamy zawsze tę korzyść, że wapno jest dokładniej rozmieszczone w glebie, co dla skuteczności jego jest warunkiem nieodzownym.

Wysokość dawki wapna palonego

Co się tyczy normowania wysokości dawek wapna palonego na jednostkę powierzchni, to zależy to od szeregu czynników, a więc od typu gleby, od tego, co ile lat daną rolę wapnujemy, a wreszcie od celu, jaki zamierzamy przez wapnowanie osiągnąć.

Zbadanie gleby przy zastosowaniu metod omawianych uprzednio w łączności z obserwacjami rozwoju na danych glebach roślinności, tak dziko rosnącej, jak i uprawnej, daje cenne wskazówki co do ilości potrzebnego wapna. Obserwacje te w nawiązaniu do spostrzeżeń z praktyki rolnej, przeprowadzonej na danem polu, co do właściwości gruntu przy uprawianiu, wysychaniu, namakaniu po deszczach i t. p. pozwalają na dalsze zorjentowanie się co do konieczności wapnowania. W dalszym ciągu ważną rolę odgrywa miąższość poziomu odwapnionego, oraz własności fizykalne tak warstwy ornej, jak i całej warstwy odwapnionej. Grunta podmokłe bardzo często nie wykazują reakcji na wapnowanie, co tłómaczy się, że czynnikiem głównie decydującym o własnościach produkcyjnych danej roli jest brak w niej przewiewności. Niekiedy silne zwapno-

wanie wapnem palonem chwilowo może spowodować pewne przewietrzenie takich gruntów, o ile w nich brakowało wapna, co zresztą bardzo często na takich podmokłych miejscach się nie zdarza. Przeważnie wszakże miejsca nadmiernie uwilgotnione nie wykazują dodatniego wpływu ich wapnowania, zanim nie przeprowadzimy najkonieczniejszej na nich meljoracji, to jest uregulowania ich stosunków wodnych.

Grunta odwapnione, zwięzłe, gliniaste i próchniczne opłacają wysokie dość dawki. Tak niektóre nasze gleby rozwijające się na silnie odwapnionych utworach macierzystych, wymagają dawek wapna palonego w granicach 10—30 centnarów na ha.

Lżejsze gleby piaszczyste przy takich dawkach niejednokrotnie mogłyby być narażone na zmniejszenie ich produkcyjności, przynajmniej w pierwszym po wapnowaniu roku.

Często bardzo wystarczającą dawką wapna palonego jest 6—8 centnarów na ha, podczas kiedy wyższe dawki zbyt energicznie mogą wywoływać na takich glebach działanie trujące na drobnoustroje n. p. z grupy organizmów utrwalających azot. Często też lekkie gleby, z natury swej suche, przez energiczniejsze zwapnowanie, mogą zaakcentować w sobie niekorzystne własności co do wilgotności. Mogą dalej gleby takie po zwapnowaniu ich powodować energiczne spalanie się tak cennego w tych glebach humusu, przez co pogarszają wszystkie swe własności fizykalne. Wszystko to powoduje, by przy wapnowaniu gleb lekkich, stosować dawki wapna palonego bardzo ostrożnie. W takim tylko razie efekt przeprowadzonego wapnowania okaże się korzystnym. W razie gleb zwięzłych, gliniastych, u których chodzi o poprawienie przedewszystkiem własności fizykalnych, zbyt małe dawki mogą okazać się bezskutecznemi. U gleb takich zwykle ilości wapna

potrzebnego do zmienienia odczynu na korzystny dla roślin są zwykle mniejsze, niż ilość i wywołujące zjawienie się w warstwie wierzchniej gruzełkowatej struktury, oraz w warstwie podornej powodujące zwiększenie przepuszczalności.

Wysokie dawki, któreby energiczniej wywarły wpływ na własności fizykalne gleby, mogą być wyższe, niż optymalne dla jej własności chemicznych i biologicznych. Koniecznem jest przeto poprawianie takich gleb nie jednorazowo, bo to się może często nie udać, a stopniowo przez wapnowanie dawkami słabszemi, ale w mniejszych odstępach czasu. Przy takiem postępowaniu zabezpieczamy sobie równomierne stałe wyzyskiwanie skutków wapnowania, które nie ogranicza się do jednego roku, a przejawia się przez szereg lat, jako działanie następcze tych przemian, które w roku pierwszym wywołało. Przy nadmiernem jednorazowem wapnowaniu w dużych odstępach czasu, efekt mógłby być pozytywnym dopiero w latach drugim, trzecim i t. d. po wapnowaniu, a w roku w którem je uskuteczniono, efekt mógłby być negatywnym lub żadnym. Dlatego też wydaje się racjonalniejszem częstsze wapnowanie dawkami zmniejszonemi. Według niektórych autorów wapnowanie winno być przeprowadzonem systematycznie co kilka lat analogicznie zupełnie, jak co kilka lat przeprowadza się nawożenie roli obornikiem.

W warunkach gleb, które raczej uważać trzeba za suche, racjonalniejszem jest dawanie wapna palonego na jesieni pod wszystkie rośliny. Można to uskuteczniać wapnując o ile możności rżyska, a później je płytko pokładając. Przyśpieszy wtedy wapno rozkład resztek pożniwnych i będzie miało czas wywołania korzystnych skutków swego działania.

W razie niemożności uskutecznienia wapnowania jesienią przed głębokiemi orkami, wapnowanie wiosenne

trzeba przeprowadzić możliwie wcześnie, by kiełkujące rośliny nie natrafiały już na nierozłożone w glebie wapno, a więc na kilka dni przynajmniej przed siewami i starannie przemieszać je z ziemią. Na glebach lżejszych jest bardzo korzystnem rozsiewanie wapna zmieszanego z murszem. Ulega on wtedy szybkiemu rozkładowi, uruchamiając zawarty w nim azot, fosfor i części popielne i chroni jednocześnie rolę przed ewentualnem zbyt energicznem zadziałaniem na nią wapna palonego. Skutkowanie takiego postępowania zwykle jest bardzo szybkie i po niedługim czasie partje pól w ten sposób nawiezione wyróżniają się lepszym rozwojem na nich roślinności.

Gleby murszowate i torfowiska nie zawsze opłacają wapnowanie ich. Bardzo często gleby takie, jako gleby formujące się przy napływaniu wody, zawierają w sobie produkty rozpuszczalne napływające wraz z wodami. Do nich należą w pierwszym rzędzie połączenia wapienne. Stąd bardzo często gleby murszowate i torfowe są glebami zasobnemi w wapno, niekiedy do tego stopnia, że tworzą tak zwane marglowate mursze. Na podobnych glebach wapnowanie nie wywiera żadnego korzystnego skutku. W wypadkach mniej licznych gleb murszowatych, a przedewszystkiem w razie gleb rozwijających się z ubogich torfowisk wypukłych, czyli tak zwanych wyżynnych, lub wysokich, formowanie się gleb zachodzi bez obecności wapna. Są to gleby typowo kwaśne, na których wapnowanie wywiera bardzo dodatnie przejawy, wywołując także dobre wykorzystanie innych nawozów. Widzimy więc, że w razie gleb murszowatych, trzeba zbadać, czy są one zasobne w wapno, czy też pozbawione tego składnika. W tym ostatnim wypadku wapnowanie okaże się zawsze nader skutecznym, podczas kiedy utwory murszowato-wapienne mogą być używane raczej jako produkty, któremi można

Mursze wapienne

inne pola mineralne ulepszać. Istotnie podobne murszowato-wapienne utwory doskonale mogą być zużyte dla celów wzbogacenia gleb bezpróchnicznych, odwapnionych, zarówno w wapno, jak i w cenne substancje próchniczne. Jeśli technicznie i ze względów gospodarczych okaże się możliwem użycie podobnych utworów jako środków wapnowania, to efekt będzie korzystny na polach mineralnych.

W razie niemożności zużycia utworów murszowato-wapiennych jako środków wapnowania i w razie ich nadmiernej wilgotności, której nie możemy uregulować przez odwodnienie, często celowem okazuje się przykrycie tych utworów warstwą gleby mineralnej piaszczystej, a w każdym razie nie zbyt gliniastej. Osiągamy przez to jak gdyby obniżenie poziomu wody zaskórnej, a więc lepsze warunki wegetacji dla roślin, które mogą z warstw głębszych zdobywać sobie nagromadzone w murszach substancje pokarmowe.

Przy pokryciu podobnych utworów murszowych warstwą zbyt spoistą gliniastej gleby możemy natomiast pogorszyć jeszcze warunki wzrostu roślin. W takim bowiem razie pokrywająca warstwa gliniasta odetnie dostęp powietrza do wilgotnego murszu i wywoła w nim powiększenie jeszcze niekorzystnych cech braku przewiewności. Nieprzewietrzony wilgotny mursz pod taką pokrywą, uniemożliwiając mu wymianę gazową z powietrzem atmosferycznem, stanie się miejscem występowania energicznych procesów redukcyjnych. Substancje organiczne murszu przemieniać się będą w szkodliwe trujące połączenia, w których niemożliwym będzie rozwój korzeni roślin. Ogólny efekt przykrycia wilgotnego murszu warstwą utworu gliniastego sprowadzi się do zepsucia tem większego jego produkcyjności, co przy pokryciu łatwo przewiewną warstwą piaszczystego utworu miałoby rezultat wręcz przeciwny.

Jeśli z racji charakteru gleb, które mamy wapnować, a mianowicie w razie gleb lekkich, obawiamy się energicznego wpływu wapna palonego, co, przy odpowiednio zmniejszonej dawce i przy odpowiednim wyborze czasu rozsiewu, często jest nieuzasadnionem, to nawet w takich razach przeprowadzić należy obrachowanie, czy nie lepiej kalkulowałoby się sprowadzenie wapna palonego i rozsianie go w polu po upływie pewnego przeciągu czasu, w którym by zaszła przemiana na węglan częściowa lub całkowita, w zależności od tego, jaki produkt zamierzamy na nasze pola rozrzucić. Rozstrzygającemi będą w takim razie koszta transportu i rozsiania.

W razie takich warunków rozmieszczenia wapniarni, że koszta transportu węglanu wapniowego do pewnego miejsca, mimo mniejszej zawartości czynnego składnika w tym produkcie, w porównaniu z wapnem palonem, wypadną taniej, to na glebach lżejszych racjonalnem jest używanie węglanu wapniowego. Na glebach zwięźlejszych nawet w takich warunkach wapno palone jest więcej wskazanem, bo czynność jego wywołująca korzystniejsze na takich glebach przemiany, zadecyduje, że w rezultacie wapno palone jest więcej opłacającem się w postaci wyższych zwyżek plonów, niż te, jakie by spowodować mogły równoznaczne ilości węglanu wapniowego.

Jednem słowem węglan wapnia w różnych swych formach ma zastosowanie przy tanich kosztach transportu i na glebach lżejszych. Gleby zwięźlejsze raczej zawsze ekonomiczniej jest wapnować palonem wapnem. W niektórych warunkach transportu odnosi się to także i do gleb lżejszych.

Węglan wapnia

Węglan wapnia dla celów rolniczych ma bardzo różne znaczenie w zależności od jego własności fizycznych i chemicznych domieszek. Zauważyć przedewszystkiem trzeba, że jeśli stopień miałkości odgrywał ważną

rolę przy palonem wapnie mielonem, decydując o jego szybkości reagowania że składnikami glebowemi, to tem większą odgrywa to rolę przy działaniu węglanu wapnia. Widzieliśmy, że mielone wapno palone, by szybko i jednostajnie zadziałać na glebę i przesiąknąć ją równomiernie, nie potrzebuje być w stanie zbytniego rozdrobnienia. Dzięki łatwości wchodzenia w reakcję z wodą etc. oraz dzięki ruchliwości powstającego wodorotlenku wapnia wystarcza, by wapno palone było zmielonem na grysik, a więc tylko o tyle, by przy lasowaniu i następnych przemianach nie nagromadziły się lokalnie większe stężenia produktów tych przemian. Natomiast w wypadku węglanu wapniowego przy tym samym stopniu miałkości oddziaływanie na procesy glebowe mogło by być zupełnie niewystarczającem. Z powodu nieznacznej rozpuszczalności węglanu wapniowego w wodzie, dość nawet drobne ziarnka powoli tylko ulegałyby rozpuszczeniu i po dłuższym czasie znajdować by można było w glebie resztki tych ziarn wapiennych, co świadczyłoby, że część dodanego wapna nie weszła w reakcję z glebą, czyli że nie spełniła swego zadania. Aby rzecz tę wyraźnie przedstawić wykonał G e r l a c h następujące doświadczenie. Badano rozpuszczalność trzech gatunków węglanu wapnia o różnym stopniu miałkości w wodzie nasyconej dwutlenkiem węgla. Wyniki otrzymane wykazuje tabela na stronie następnej.

Widzimy więc, że gatunek III, najdrobniejszy, znacznie łatwiej ulegał rozpuszczeniu niż mniej miałki gatunek I. lub II.

Stąd konieczność możliwie najdrobniejszego mielenia węglanu wapniowego, jeśli pragniemy skuteczność jego podnieść.

Przy kupnie przeto wapna w postaci węglanu konieczną jest gwarancja co do zawartości węglanu, a również gwarancje co do stopnia zmielenia.

Dla celów rolniczych na większą skalę używa się — poza drobnemi ilościami odpadkowego wapna przemysłu garbarskiego i mydlarni — następujących produktów: wapna saturacyjnego, wapna łąkowego, oraz wapna mielonego z twardych skał wapiennych.

% zawartości węglanu wapnia	Wapno Gatunek I. 86,9	Gatunek II. 90,0	Gatunek III. 92,0
części grubszych od 3 mm	3,18	2,12	—
3—2	6,66	4,75	—
2—1	13,51	12,68	0,05
1—0,5	15,81	19,32	0,19
drobniejsze od 0,5	60,84	61,13	99,76
Po 10 godz. rozp. się mg *CaO*	880	814	1264
% od całkowitej ilości . .	36%	32%	49%
w liczbach stosunkowych .	70	64	100

Na ziemiach Polski posiadamy w różnych częściach kraju znaczne pokłady skał wapiennych, wychodzących na powierzchnię i mogących być eksploatowanemi także i dla celów rolniczych. Na mapce załączonej na początku tej broszury uwidocznione są ważniejsze zasięgi skał wapiennych. Prócz nich w wielu miejscowościach kraju występują nieznaczne przestrzenie wychodzenia skał wapiennych, które jednakowoż ze względu na swą większą miąższość mogą być eksploatowanemi jako wapniarnie. Wapienie dolomityczne

Twarde skały wapienne występujące na powierzchni naszego kraju, należą do różnych epok geologicznych. Przestrzenie największe zajmują utwory systemu jurajskiego i kredowego. Z tych dwóch utworów wapienie kredowe odznaczają się często lepszemi własnościami od wapieni jurajskich. Przeróbka jednych i drugich polega na możliwie drobnem zmieleniu ich. W jednym jednakowoż, jak i w drugim wypadku wypalanie i prze-

miana na wapno palone daje dopiero produkt najcenniejszy, podczas kiedy węglan wapnia tych skał niejednokrotnie ustępuje jakością węglanowi wapnia pokładów wapna łąkowego.

Często w pokładach wapieni występują mniejsze lub większe domieszki węglanu magnezu. Lekko zdolomityzowane wapienie nie ustępują jako środki wapnowania działaniu wapna wolnego od węglanu magnezu. Niekiedy nawet drobna domieszka jest korzystną, bo doprowadza do gleby także pewne ilości magnezu, który przy nadmiarze wapna przejawiać mogą efekt dodatni na rozwój roślinności, o czem wspominaliśmy już przy omawianiu teorji Löw'a.

Zawartość w wapnie pewnych ilości tlenku magnezu obniża szybkość i energję oddziaływania wapna, stąd praktykowanem bywa stosowanie wapna dolomitycznego na glebach lżejszych, u których może być obawa co do zbytnio energicznego oddziaływania wapna.

Na podstawie licznych doświadczeń wazonowych i polowych, co do wpływu wapna o pewnej zawartości magnezu na rośliny, podaje Meyer szereg wniosków.

Uważa on, że zarówno od nawiezienia czystem wapnem, jak i od nawiezień wapnem, zawierającem magnez, mało zmienia się zawartość tych dwóch metali w ziarnie, ponieważ pobierane przez rośliny te metale lokalizują się przedewszystkiem w słomie. Stąd specjalnie doniosłe znaczenie pastwisk i sian gleb wapiennych dla zwierząt, zwłaszcza młodych. Wyhodowane na takich bogatych w wapno polach zwierzęta odznaczają się mocną, dobrze rozwiniętą budową kręgosłupa, ponieważ przy formowaniu się kości, wapno wywiera ogromny wpływ, jako jeden z ważniejszych budulców substancji kostnej. Przeciwnie też zwierzęta karmione paszami ubogiemi w wapień odznaczają się wątłym i słabym rozwojem kręgosłupa.

Jeśli stosunek magnezu do wapna w glebie zwiększa się na korzyść magnezu, to powoduje to zwiększenie przeciętnej zawartości magnezu w roślinach, a zmniejszenie zawartości w nich wapna.

Natomiast wzrastające dawki wapnia, powodując wzrost zawartości wapnia w roślinach, mało wpływają na zawartość w nich magnezu. Pobieranie pokarmów przez rośliny jest znacznie więcej wrażliwe na nawożenie magnezem niż na nawożenie wapnem, w tem rozumieniu, że przez nawożenie magnezem większe możemy wywoływać zmiany w zawartości magnezu w roślinach, niż zmiany zawartości w nich wapna przy wzrastającem nawożeniu wapiennem.

Wapno łąkowe

Prócz powyższych wapieni jurajskich i kredowych odgrywają rolę najmłodsze skały wapienne, jako złoża, które mogą być z korzyścią przerabiane dla celów wapnowania roli. Mowa tutaj o pokładach wapna obecnie się formujących, lub też uformowanych niedawno w postaci tak zwanego wapna łąkowego.

Przy omawianiu na początku tej broszury procesów wymywania z gleb naszych połączeń wapiennych, widzieliśmy, że zostają one częściowo uniesione w wodach rzek do mórz i oceanów, gdzie powoli formują pokłady skał wapiennych. Znaczna jednakowoż część wymywanych związków wapnia nie zostaje namytą do rzek, a w zależności od konfiguracji danego terenu, oraz w zależności od jego stosunków wodnych, gromadzi się w miejscach bezodpływowych. Ponieważ zagłębienia terenowe bezodpływowe zbierają w sobie wody z nieznacznych tylko przestrzeni, w porównaniu z rozległemi obszarami, sprowadzającemi swe wody do rzek, przeto i ilości namywanych związków wapnia są znikomo mniejsze w miejscach, gdzie formuje się wapno łąkowe, od potężnych ilości połączeń wapiennych unoszonych do mórz. Jeśli miąższość pokładów wapiennych jest przeto

małą w wypadku młodych geologicznie utworów, jakimi są pokłady wapna łąkowego, to natomiast pokłady te przestrzennie występują dosyć pospolicie.

Istotnie spotykamy je bardzo często w wielu zaklęśnięciach bezodwpływowych, już to w postaci drobniejszych gniazd, już to w postaci obszernych dość nagromadzeń. Miąższość tych utworów ulega znacznym bardzo wahaniom. Bardzo pospolicie wynosi ona kilkanaście centymetrów, a w rzadkich tylko wypadkach dochodzi grubości kilku metrów.

Jako środek dla celów wapnowania przedstawia sobą wapno łąkowe materjał pierwszorzędny, bardzo często lepszy niż mielone wapno niepalone, a ustępujący w czynności tylko palonemu wapnu mielonemu. Czynność i wysoka przydatność wapna łąkowego polega w pierwszej linji na stanie skupienia, w jakiej ono występuje w pokładach.

Jest to mianowicie stosunkowo świeży osad formujący się blizko powierzchni, a więc bez ciśnienia; wytrącanie się węglanu wapnia w tych warunkach, oraz w obecności pewnych ilości substancji próchnicznych powoduje, że opadający osad nie jest krystaliczny, a znajduje się w formie bezpostaciowej. To jest głównie przyczyną, że w tej formie jest on znacznie łatwiej rozpuszczalnym, niż krystaliczny węglan niektórych skał twardych. A ponieważ czynność wapna zależną jest, przy wszystkich innych jednakowych warunkach, od rozpuszczalności, przeto wapno łąkowe ma własności produktu o wysokich zaletach. Dlatego też grubsze pokłady wapna łąkowego nadają się znakomicie do przeróbki ich na środek do wapnowania sposobami technicznemi na większą skalę. Cieńsze warstwy, lub też występujące tylko gniazdami pokłady wapna łąkowego, niejednokrotnie mogą być zużywane na potrzeby najbliższych pól i wydobywane mogą być sposobami

gospodarczemi. Występowanie wapna łąkowego jest bardzo pospolitem i niejeden gospodarz, sprowadzający na swoje ziemie z dalszych okolic wapno, ma możność wydobywania go z własnych posiadłości.

Na przeszkodzie temu stoi zwykle nieznajomość swego terenu wobec braku jakichkolwiek map gleboznawczych, na których pokłady wapna łąkowego znalazłyby uwidocznienie.

Trzeba mieć na uwadze, że warunki formowania się tych pokładów, mianowicie procesy napłókiwania do miejsc niższych, zaklęśniętych, bezodpływowych, sprzyjają również przemieszczaniu się i nagromadzeniu w pokładach wapna łąkowego substancji próchnicznych o własnościach uszkadzających wzrost roślin. Wynika z tego, że świeżo wykopane wapno łąkowe, z powodu zawartości tych połączeń szkodliwych, wywierać może ujemny wpływ na rozwój roślinności, pod które zostanie dane do gleby. Aby zapobiedz temu i aby wykorzystać wszelkie dodatnie cechy wapna łąkowego, należy je przed zastosowaniem przesuszyć na powietrzu i następnie rozdrobnić. Podczas procesu przesuszania, lub też przy dłuższem leżeniu na powietrzu, zawarte w wapnie łąkowem wymienione szkodliwe substancje organiczne ulegają rozkładowi i zanikowi i wtedy produkt gotów jest do użycia. Przerabiane sposobem przemysłowo-technicznym wapno łąkowe poddawane jest suszeniu i mieleniu.

Ponieważ jest to węglan wapnia, a więc chemicznie identyczny produkt z uprzednio omówionym węglanem skał twardych, przeto przy stosowaniu tych nawozów obowiązują te same normy. A więc gwarancja przedewszystkiem stopnia zmielenia, przyczem zauważamy, że przy tym samym nawet stopniu zmielenia, bezpostaciowe wapienie są czynniejsze, łatwiej rozpuszczalne, niż krystaliczne, dlatego też zwykle wapno łąkowe wykazuje

większą aktywność, niż inne odmiany mielonego niepalonego węglanu wapniowego.

Ponieważ węglan wapnia jest mało rozpuszczalny i nie tak silnie zasadowy jak wapno palone, przeto trzeba go stosować znacznie większe dawki niż tlenku wapniowego. Dawki te muszą być większe, niżby to wypadało z uwzględnienia zawartości bezwodnika węglowego w węglanie wapniowym. Zwykle też są one 2—3-krotnie wyższe, niż dawki wapna palonego. O ile przy użyciu wapna palonego zachodzić może obawa uszkadzania roślin przez silnie zasadowy tlenek i wodorotlenek wapniowy, dlatego wskazanem jest wapnowanie na jesieni pod rośliny jare, lub na pewien czas przed siewem, to przy stosowaniu węglanu wapniowego podobna obawa nie zachodzi i dlatego też siew wykonywać można choćby dnia następnego po dobrem przybronowaniu węglanu wapnia. Węglan wapnia jest jednocześnie produktem niepowodującym przesuszanie gleby, odwrotnie jak to ma miejsce przy wapnie palonem, i dlatego też może być stosowany zarówno na gleby lżejsze, jak i w czasie wiosennym, kiedy chodzi o najekonomiczniejsze obchodzenie się z użytkowaniem wilgoci glebowej.

Przy wyborze gatunku wapna do wapnowania decydują zwykle koszty produktu i transportu. Ponieważ węglan wapnia jest cięższym od wapna palonego (100 kg węglanu odpowiadają 56 kg tlenku wapniowego), przeto przy dalszych odległościach transport a także koszty zwiezienia na miejscu, bardzo często rozstrzygają na korzyść wapna palonego. Natomiast przy transporcie bliższym, a więc tańszym węglanu wapniowego, jest on jakkolwiek formą mniej aktywną niż tlenek, ale tem nie mniej znoszącym kalkulację i konkurencję z wapnem palonem. Inne produkty wapienne wapno saturacyjne oraz margle, z racji nizkiej zawartości w nich

wapna jako takiego, są z powyższych względów kalkulacyjnych, środkami stosowanemi tylko w najbliższych okolicach ich dobywania.

Wapno saturacyjne jest to produkt odpadkowy przemysłu cukrowniczego, z którego wychodzi w formie wodnistego szlamu o bardzo zmiennych zawartościach wszystkich składników. Nadawać się może do transportu tylko na niedalekie przestrzenie, ponieważ zawiera zwykle 30—40% wody. Wyróżnia ten produkt ze wszystkich innych środków wapnowania zawartość w nim składników pokarmowych roślinnych oraz substancji organicznych. (7—12%). Zawartość tych związków ulega nader szerokim wahaniom, tak że nie można podać pewnego przeciętnego składu wapna saturacyjnego. Dla orjentacji przytoczyć można skład kilku próbek. Wapno saturacyjne

	Próbka				
	I	II	III	IV	V
Potasu	0,5	0,2	0,1	0,06	0,98
Fosforu	1,3	0,63	1,5	0,21	0,61
Azotu	0,3	0,62	0,5	0,23	0,56

Próbki powyższe przedstawiają sobą skład suchego wapna saturacyjnego, a nie w tej formie w jakiej bywa ono wyrzucone z cukrowni, po oczyszczeniu soku cukrowego. Wtedy wapno saturacyjne zawiera najwięcej wody (niekiedy przeszło 40% oraz ca. 50% wapna) i trudnem jest również przy transportowaniu jak i przy rozsiewaniu. Po pewnym przeciągu czasu świeże wapno saturacyjne podsycha o tyle, że łatwiej daje się transportować i rozwozić po polach. Grudy powstające przy rozsiewaniu podsuszonego wapna saturacyjnego są zwykle o tyle kruche, że można je przez wałowanie dostatecznie rozkruszyć po rozsianiu na polu. Jest prawdo-

podobnem, że przy dłuższem leżeniu wapna saturacyjnego mogą w niem zachodzić straty azotu na skutek procesów denitrifikacji, dlatego też były czynione niejednokrotnie próby szybszego osuszania produktu. Jest również prawdopodobnem, że straty takie zachodzą przy zbieraniu przez rolników wapna saturacyjnego w ciągu dłuższego czasu w sterty i wywożenie wtedy, gdy nazbiera się większa ilość. Trzeba bowiem pamiętać, że działanie wapna saturacyjnego, prócz wprowadzenia do gleby wapna jako takiego, także i przez to wywiera wpływ dodatni, że gromadzi w niej związki fosforu, potasu i azotu.

Ponieważ ilości wapna saturacyjnego, które dajemy na ha, są bardzo wysokie, wynosząc 200—400 ctr. metr., przeto widocznem jest, że w tej masie dajemy na ha po kilkadziesiąt kg azotu, potasu i fosforu, a więc ilości tych składników, które są równoznaczne z ilościami tychże składników, dawanych w postaci normalnych dawek obornika.

Wapno saturacyjne przesuszać i stosować można w zupełnie podobny sposób, jak to omówiono przy wapnie łąkowem.

Pod buraki cukrowe, wymagające dużych ilości wapna, z racji między innemi wogóle dużych wymagań pokarmowych i intensywnego nawożenia, można dawać wapno saturacyjne rzędowo pod rośliny. Efekt działania jest wtedy pięciokrotnie — sześciokrotnie większy, niż przy rozrzucaniu wapna na całej powierzchni roli.

Margle

Z wielką korzyścią mogą być stosowane dla celów wapnowania pól dość powszechnie na ziemiach naszych występujące różne odmiany margli. W razie nizkiej procentowej zawartości wapnia, margle mają znaczenie tylko dla niezbyt oddalonych pól. Znaczne bowiem ilości marglu jakie muszą być w tym wypadku stosowane do nawożenia uniemożliwiają użycie ich na odleglejsze

przestrzenie, chyba że, co jest wypadkiem rzadszym, margiel jest wysoko procentowy.

Margle są to wapienne utwory o znacznej zawartości domieszek. W zależności od charakteru domieszek można rozróżnić margle gliniaste, margle piaszczyste, oraz margle murszowe.

Najniższą wartość przy tej samej zawartości węglanu wapniowego mają margle piaszczyste, bo zawierają w sobie, po za czynnym składnikiem wapnem, składnik w zupełności jałowy i nieprzynoszący żadnych korzyści dla wszystkich odmian naszych gleb mineralnych, a mogący mieć ważniejsze znaczenie tylko w wypadku gleb murszowych, bezwapiennych. Na kwaśnych glebach próchnicznych przykrycie ich warstwą marglu piaszczystego, przy lekkim zmieszaniu z górną warstwą gleby torfowej, dawać może bardzo dodatnie wyniki, powodując jej odkwaszenie, a jednocześnie rozluźnienie i doprowadzenie powietrza.

Margiel murszowy jest produktem o znacznych zasobach prócz węglanu wapniowego także i składników odżywczych — fosforu, azotu i potasu. Pozatem zawartość substancji próchnicznych w marglach murszowych czyni je cennemi także i ze względu na możność poprawienia własności fizykalnych takich gleb, które nie posiadają tych substancji.

Gleby lekkie piaszczyste, cierpiąc na posuchę przy zmeljorowaniu ich przez nawiezienie i przemieszanie z marglem murszowym, nie tylko zyskują na zawartości wapna, fosforu, azotu i potasu, ale również poprawiają swe cechy wodne, nabierając większej zdolności chłonienia i utrzymywania wody.

Margle gliniaste występują bardzo często we wszystkich okolicach ziem Polski. Najpospolitszemi są margle pochodzenia lodowcowego. Jakość, a co zatem idzie i wartość gliniastych margli, jest nadzwyczaj różnorodną,

tak co do zawartości w nich węglanu wapniowego, jak co do stopnia jego rozdrobnienia, a także pod względem jakości materjału gliniastego. Zawartość węglanu wapniowego ulega wahaniom w granicach od kilku do kilkudziesięciu procent. Najliczniej spotykają się oczywiście margle nizkoprocentowe — rzadziej margle o 20 do 30 procentach, a wyjątkowo tylko margle jeszcze bogatsze. Charakter części niewęglanowej ma bardzo doniosłe znaczenie przy oznaczaniu wartości całkowitej marglu. Pod tym więc względem spotykamy margle gliniaste spiaszczone, a dalej wszelkie możliwe przejścia margli gliniastych, do margli o zawartości zwięzłej gliny. Prócz składu chemicznego i własności fizykalnych danego marglu decydują o jego wartości zasiągi, miąższość i głębokość na której on występuje. Te okoliczności muszą być zbadane i ustalone za nim rozpocznie się eksploatację. Badania orjentacyjne przeprowadzamy za pomocą próbnych wierceń. Niejednokrotnie zapomocą nich dopiero dowiadujemy się o istnieniu tych wartościowych dla rolnika pokładów. Po przeprowadzeniu badań zwykle okazuje się, że eksploatacja opłaca się tylko dla celów marglowania gruntów leżących w bezpośredniem sąsiedztwie z kopalnią marglu. W wyjątkowych tylko wypadkach, przy bardzo wysoko procentowych marglach, opłacać się może także ich transport na dalsze odległości. Rozwożenie dobytego marglu przeprowadzamy już to wozami, już to przy użyciu kolejek polowych. W razie zamierzonego silnego marglowania, ten drugi sposób okazuje się często niezbędnym, ponieważ ilości marglu jakie wywozimy na pola są bardzo wysokie. Załączona poniżej tablica podaje, jakie ilości na ha należy dać marglu o pewnej zawartości węglanu wapniowego, by osięgnąć określoną procentową zawartość węglanu wapnia w glebie, do pewnej grubości.

Procentowość nawozu wapiennego	Ilość centn. nawozu na ha	Ilość klgm nawozu wapiennego po uwzględn. procentowości	Warstwa orna				
			10 cm 1,500,000 kg %	20 cm 3,000,000 kg %	30 cm 4,500,000 kg %	40 cm 6,000,000 kg %	50 cm 7,500,000 kg %
5%	10	50	0,0033	0,0016	0,0011	0,0008	0,0006
	20	100	0,0066	0,0033	0,0022	0,0016	0,0013
	50	250	0,0165	0,0083	0,0055	0,0041	0,0033
10%	10	100	0,0066	0,0033	0,0022	0,0016	0,0013
	20	200	0,0133	0,0066	0,0044	0,0032	0,0026
	50	500	0,0333	0,0166	0,0111	0,0083	0,0066
20%	10	200	0,0133	0,0066	0,0044	0,0031	0,0026
	20	400	0,0266	0,0133	0,0088	0,0066	0,0053
	50	1000	0,0666	0,0333	0,0222	0,0166	0,0133
30%	10	300	0,0200	0,0100	0,0066	0,0050	0,0040
	20	600	0,0400	0,0200	0,0133	0,0100	0,0080
	50	1500	0,1000	0,0500	0,0333	0,0250	0,0200
40%	10	400	0,0266	0,0133	0,0088	0,0066	0,0053
	20	800	0,0533	0,0266	0,0177	0,0133	0,0106
	50	2000	0,1333	0,0666	0,0444	0,0333	0,0266
50%	10	500	0,0333	0,0166	0,0111	0,0083	0,0066
	20	1000	0,0666	0,0333	0,0222	0,0166	0,0133
	50	2500	0,1666	0,0833	0,0555	0,0416	0,0333
60%	10	600	0,0400	0,0200	0,0133	0,0100	0,0080
	20	1200	0,0800	0,0400	0,0266	0,0200	0,0160
	50	3000	0,2000	0,1000	0,0666	0,0500	0,0400
70%	10	700	0,0466	0,0233	0,0166	0,0116	0,0093
	20	1400	0,0933	0,0466	0,0311	0,0233	0,0186
	50	3500	0,2333	0,1166	0,0777	0,0583	0,0466
80%	10	800	0,0533	0,0266	0,0177	0,0133	0,0106
	20	1600	0,1066	0,0533	0,0355	0,0266	0,0213
	50	4000	0,2665	0,1333	0,0888	0,0666	0,0533

Na glebach piaszczystych marglowanie przynosi pożytek zarówno przez doprowadzenie do nich wapna, jak i przez wzbogacenie tych gleb w części gliniaste i wywołane stąd wszelkie korzyści poprawienia struktury i własności wodnych.

Przy glebach gliniastych w grę wchodzi tylko oddziaływanie na nich zwartego w marglu węglanu wapniowego.

Rozsiewać margiel można zwykle bezpośrednio po wykopaniu go. Wyjątek stanowią tylko te margle, które zawierają szkodliwe dla roślin związki, n. p. żelaza. W takim wypadku koniecznem jest pewne odleżenie się marglu po jego wykopaniu, by mogły na skutek procesów utlenienia uledz przemianie owe szkodliwe dla roślin związki żelaza.

Margiel rozrzucać w polu można zarówno na jesieni, jak i na wiosnę, chociaż ze względu na dokładność przemieszania z glebą i zadziałanie na nią wapna korzystniejsze jest, nawet i w razie marglowania, jesienne doprowadzenie go do roli.

Wapnowanie a rośliny uprawne

Jeśli przeprowadzamy wapnowanie w jakiejkolwiek formie, w postaci nawiezienia wapnem palonem, węglanem wapnia, lub marglem, unikać trzeba dawania go pod niektóre rośliny. A mianowicie nie można wapnować pod łubiny, a zwłaszcza żółty, pod seradelę i pod len. Rośliny te niekiedy mogą silnie ucierpieć przez wapnowanie w formie wapna palonego, ponieważ wiemy, że przemiana w glebie tlenku wapnia na węglan, jak to wykazały różne doświadczenia, nie zachodzi zawsze całkowicie w czasie krótkim. Proces ten trwa niekiedy kilkanaście tygodni. Zresztą węglan wapnia jest tylko mniej szkodliwym dla tych roślin, ale również jest szkodliwym, przeto pod nie nie należy prowadzić wapnowania także w postaci węglanu wapnia, lub w formie marglowania. Łubin i seradela źle się wtedy rozwijają,

żółkną i słabo plonują. Natomiast len zewnętrznie cierpi mniej, ale jakość włókna jest znacznie gorszą.

Odnośnie wpływu wapnowania na len, podnieść należy, że jest to roślina pobierająca duże ilości wapnia w plonie.

Nawet uwzględniając obserwowane duże wahania pod tym względem, przekraczające 100 procent; np. że według niektórych autorów, z ha normalny plon lnu zabiera 35—45 kg wapnia, a według innych autorów 75 kg, uważać należy len jako roślinę o znacznych wymaganiach co do wapnia.

Fakt ten tem więcej jest ważnym, iż pobieranie wapnia w okresie rozwoju lnu nie zachodzi równomiernie w ciągu dłuższego czasu, a odbywa się w stosunkowo krótkim czasie. Mianowicie w ciągu pierwszego okresu rozwoju lnu trwającego około 35—45 dni, len pobiera bardzo niewiele wapnia, natomiast w okresie następnym pobieranie zachodzi bardzo intensywnie mniejwięcej w ciągu 15 dni, malejąc stopniowo w trzecim miesiącu rozwoju lnu.

Uwzględniając tę fizjologiczną właściwość pobierania wapnia z gleby przez len i uwzględniając w dalszym ciągu niewielką zdolność wogóle pobierania składników z gleby przez tę roślinę, z racji bardzo słabo rozwiniętego systemu korzeniowego, przyjść należałoby do wniosku, że len jest rośliną wymagającą gleb wapiennych, a więc tem samem rośliną wdzięczną na wapnowanie.

Zważywszy jednakowoż, że przy uprawie lnu chodzi o uzyskanie materjału włókiennego o pewnych własnościach i, że wapnowanie własności te zmienia w kierunku niepożądanym, a więc włókno staje się mniej elastycznem i mocnem, a więcej kruchem i grubem, dochodzimy do wniosku ostatecznego, że wapnować bezpośrednio

pod len nie należy, a przeciwnie zabieg ten uskuteczniać trzeba w możliwie dużem oddaleniu od uprawy lnu.

Ogólnie biorąc motylkowe doskonale reagują i opłacają na wapnowanie.

Stacja doświadczalna w Möckern uważa, że koniczyny dają pełne plony dopiero przy zawartości 0,25% przyswajalnego wapnia w glebie, przy zawartości 0,16% otrzymano przy wapnowaniu zwyżki plonów koniczyny wynoszące 20%. Przy niższych od 0,16% zawartościach wapna reakcja na wapnowanie była zwykle znacznie silniejszą.

Stąd wapnowanie pod koniczyny, zarówno jak pod długoletnie lucerniska, może być przeprowadzonem z dużą dla rozwoju tych roślin korzyścią. Toż samo powiedzieć można o innych motylkowych, grochu, fasoli, wykach i t. d. Jeśli dana gleba jest lekką, lub jeśli mamy wapnować wapnem palonem, to aby uniknąć wszelkiej możliwości przejściowej depresji rozwoju bakterji brodawkowych pod wpływem zbyt silnego wapnowania, co okazać by mogło efekt negatywny na rozwój i plon tych roślin, korzystniej jest dać wapno pod przedplon tych roślin, lub na jesieni.

Lucerny i koniczyny wymagają dla swego wzrostu dużych ilości wapnia, a w związku z tym w resztkach pożniwnych zostawiają znaczne ilości wapnia w górne warstwie glebowej, w której się przeważnie rozwija system korzeniowy tych roślin.

Doskonała struktura, jaką pozostawiają w roli pożniwne resztki koniczyn i lucernisk, w dużej mierze spowodowaną jest właśnie temi znacznemi ilościami wapna, jakie w resztkach pożniwnych tych roślin się znajdują, jako rezultat gromadzenia związków wapnia z warstw głębszych i jako rezultat niedopuszczenia do wyługowania tych związków z warstw górnych.

Wskutek tego wapnowanie pod koniczyny i lucerny nietylko doskonale wpływa na ich rozwój i plon, ale również w bardzo wybitnej mierze zachowuje pokaźne ilości wapna również dla poplonów tych roślin.

Przy przyorywaniu roślin na nawozy zielone jest bardzo dobre, jeśli chcemy przyśpieszyć rozkład materji organicznej zwapnowanie roli zaraz po przyoraniu roślin. Wtedy otrzymujemy efekt podobny, jak przy wapnowaniu kompostów.

Ze zbożowych, które wszystkie wrażliwe są na nawiezienie wapnem, wyróżnia się często owies, specjalnie na ten zabieg czuły.

Również w tym wypadku, jak zresztą we wszystkich razach, korzystniej i pewniej jest dawać wapno na jesieni, zwłaszcza na glebach lżejszych niezbyt późno, by można było po upływie pewnego czasu wykonać orkę zimową. Na cięższych, wilgotniejszych, wiosenne wapnowanie jest zupełnie możliwem. Po zwapnowaniu i przybronowaniu można dokonać siewu, przy małych dawkach wapna (10—15 centn. na ha) na trzeci, czwarty dzień. Natomiast przy większych dawkach wapna siać lepiej po upływie kilku dni (6—10).

Z okopowych buraki wyróżniają się wysoką wrażliwością na wapnowanie. Zauważyć to można zwłaszcza na glebach, których miąższość odwapnienia jest dość znaczną. Głęboko sięgające korzenie natrafiają wtedy na warunki wadliwej przewiewności źle wpływającej na ich rozwój. Zadziałanie wapna na te poziomy glebowe spełniać wtedy będzie rolę czynnika podnoszącego przewiewność warstw głębszych.

Odnośnie do wpływu wapnowania na ziemniaki, to wyniki często są ujemne w tym sensie, że ułatwiają występowanie parchów ziemniaczanych, co wpływa na obniżenie wartości ziemniaków jako ziemniaków jadalnych,

a jest bez znaczenia zarówno dla celów przemysłowych jak i nasiennych.

Na czem polega oddziaływanie wapna w wypadkach występowania parchów ziemniaczanych, dostatecznie dobrze nie wiemy. Sam fakt zjawienia się tej choroby występuje niekiedy tylko przy wapnowaniu, a na niektórych glebach wogóle się nie zjawiają parchy jako skutek wapnowania.

Często zalecanem postępowaniem przez niektórych praktyków jest rozsiewanie wapna na ziemniaczysku świeżo zasadzonem. W takich wypadkach obserwować można, że parchy nie zjawiają się, a jednocześnie uzyskuje się tę korzyść, że samo przemieszanie wapna z ziemią nie kosztuje nic, ponieważ odbywa się przy międzyrzędowej następnej uprawie ziemniaków.

Niektórzy rolnicy podają, że przy wapnowaniu otrzymali ziemniaki bardzo zdrowe i zwiększenie plonu, zwłaszcza na oborniku, którego wyzyskanie wtedy jest bezsprzecznie lepsze. W każdym bądź razie ponieważ wypadki parchów bezspornie niekiedy wzmagają się przy wapnowaniu, przeto bezpieczniej jest wapnowanie przeprowadzić w możliwem oddaleniu od wejścia w płodozmianie ziemniaków na dane pola.

W tym celu bardzo dogodnie jest dawać wapno na świeżo wykopanych i oczyszczonych przez brony z łętów ziemniaczanych, ziemniaczyskach. Jest to postępowanie wskazane także i z tego względu, że jak podają niektórzy autorzy n. p. A r r h e n i u s, ziemniaki są to rośliny mające swe optymum przy odczynie gleby lekko kwaśnym.

Rośliny oleiste, a zwłaszcza rzepak, wymagający gleby o dobrej kulturze, opłacają wapnowanie.

Ogółem więc powiedzieć można, że za wyjątkiem łubinu, seradeli, w pewnej mierze lnu i ziemniaków, wszystkie inne rośliny uprawne wdzięczne są i wydają

wedy tylko optymalny plon, kiedy uregulujemy w glebie te stosunki, na które ma wpływ wprowadzenie wapna. Niemieccy i amerykańscy autorzy szeregują rośliny pod względem wymagania co do ilości wapnia w glebie w następujący sposób: łubin żółty, rzodkiew, malina, seradela, pomidory, ziemniaki, żyto, marchew, kukurydza, jęczmień, pszenica, buraki, cebula, kapusta, wyka, groch, lucerna, koniczyny. Autorzy ci przytaczają nawet ilości czynnego wapnia w glebie optymalne dla każdej z tych roślin. Jednakowoż liczby te nie mają ogólniejszego znaczenia i na podstawie nich nie można wnioskować o potrzebie wapnowania gleb różnego typu, w różnych warunkach. Według tych danych n. p. ilość czynnego wapnia wynoszą ca. 0,05°/₀ jest maksymalną, przy której łubin żółty może się normalnie rozwijać. Poprzednio wzmiankowaliśmy, że zjawisko oddziaływania wapnia na łubin jest więcej złożonem i nie może być w tak prosty sposób normowanem.

Wpływ wapnowania na klimat glebowy.

Niekiedy spotkać można w pośród rolników praktyków zdanie, że po doprowadzeniu w nawozach do gleby dostatecznej ilości składników pokarmowych, fosforu, azotu i potasu, plon roślin zależnym będzie na naszych glebach od przebiegu czynników klimatycznych, a więc od ilości opadów i od temperatury. Wapnowanie ma wtedy, według tych opinji, być bez znaczenia, przynajmniej większego.

Pozornie w podobnem ujmowaniu sprawy jest wiele słuszności. Wszak przywykliśmy do uważania plonu rośliny jako rezultatu czynników klimatycznych i siły nawozowej gleby. Wydawać się więc może na pierwszy rzut oka, że skoro mamy korzystny przebieg pogody i skoro zaopatrzymy glebę w składniki odżywcze, znajduje się ona w maximum swej wydajności. W istocie zaś rzecz przedstawia się w sposób nieco więcej złożony.

Jeśli mówimy o zależności rośliny od klimatu i przebiegu pogody, to często bardzo nie doceniamy tego, że w tem określeniu mieścić się winno uwzględnianie nietylko klimatu nadglebowego, ale także i tego klimatu, który panuje wewnątrz samej warstwy rolnej, a który to klimat nazywamy klimatem glebowym.

Każda roślina kształtuje się bowiem pod wpływem tych dwóch klimatów. Wszelkie organizmy roślinne reagować muszą wyraźnie na zmiany zachodzące w klimacie i atmosferze glebowej, w której rozwija się system korzeniowy, ilościowo niekiedy rozwinięty nie mniej obficie, jak części nadziemne rośliny, a bardzo często być może więcej wrażliwy na zmiany zachodzące w warunkach przewiewności i uwilgotnienia gleby, niż części nadziemne, które zmieniają się dopiero jako następstwo zmian, wyczuwanych przez system korzeniowy.

Należy więc niezbędnie rozróżniać i uwzględniać wpływ na rozwój roślinności tak klimatu nadglebowego, jak i klimatu i atmosfery glebowej. Koniecznem jest to ze względu, że zwykle klimat glebowy nie jest prostym odzwierciadleniem cech klimatu nadglebowego, a ulega na bardzo niewielkich przestrzeniach, w obrębie absolutnie niezmienionego klimatu nadglebowego, zmianom wywołanym przez różnice, zachodzące w fizycznym ustroju danego kompleksu glebowego, oraz zmianom powodowanym na skutek konfiguracji rzeźby danego terenu.

Stosunki wodne, powietrzne i termiczne danego utworu glebowego są złożoną wypadkową przedewszystkiem tak własności wodnych bliżej i dalej sąsiadujących gleb, należących do tego obszaru klimatu nadglebowego, jak i wynikiem budowy fizycznej rozpatrywanej gleby.

O klimacie glebowym w dużej mierze decyduje struktura danego utworu, bo ze zmianami w niej zachodzącemi zmieniają się także jego cechy wodne i powietrzne.

Wynika z tego, że nawet przy najkorzystniejszych warunkach stanu zasobów pokarmowych w glebie, oraz przy najkorzystniejszym przebiegu opadów i temperatury, klimat glebowy w zależności od stanu strukturalnego danej gleby, bynajmniej nie musi również posiadać cech optymalnych. W rezultacie plon nawet w takich idealnych warunkach nie będzie najlepszym. Trzeba więc koniecznie wpływać, by i klimat glebowy ulegał zmianom w kierunku zapanowania optymalnych własności. Powodujemy to przez regulowanie stosunków wodnych i powietrznych, drogą uskutecznienia radykalnych meljoracji np. drenowania. W dużej też mierze możemy osiągnąć pewne polepszenie własności tych cech klimatu glebowego przez przeprowadzone wapnowanie, a to drogą procesów, o których mówiliśmy uprzednio obszernie.

Musimy również uprzytomnić sobie, że wapnowanie prócz zmian cech strukturalnych gleby wywołuje w niej szereg ważnych i korzystnych przemian chemicznych i biologicznych, również szeroko uprzednio omówionych.

Nie możemy przeto patrzeć na glebę jak na martwe podłoże, które przy zasobie w niem składników pokarmowych i dostatecznej wilgoci dać by nam mogło plon najwyższy, bo przemiany chemiczne, fizyczne, a nadewszystko procesy biologiczne, powodują zawsze, że plon tu zależnym jest nietylko od sumy składników glebowych pokarmowych i zapasów wilgoci, a od całokształtu wszystkich procesów przebiegających w glebie, a które bynajmniej nie mieszczą się w jej cechach nawozowych i wodnych.

SPIS RZECZY.